



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV STAVEBNÍHO ZKUŠEBNICTVÍ

INSTITUTE OF BUILDING TESTING

## DIAGNOSTIKA PŘEDEPNUTÝCH MOSTNÍCH KONSTRUKCÍ

DIAGNOSTICS OF PRESTRESSED BRIDGE STRUCTURES

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

#### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jiří Konderla

#### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAROMÍR LÁNÍK, Ph.D.

BRNO 2021



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

## FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	B3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav stavebního zkušebnictví

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Jiří Konderla
<b>Název</b>	Diagnostika předepnutých mostních konstrukcí
<b>Vedoucí práce</b>	Ing. Jaromír Láník, Ph.D.
<b>Datum zadání</b>	30. 11. 2020
<b>Datum odevzdání</b>	28. 5. 2021

V Brně dne 30. 11. 2020

doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.  
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.  
Děkan Fakulty stavební VUT

## PODKLADY A LITERATURA

- [1] P. Schmid a kolektiv – Základy zkušebnictví
- [2] Z. Bažant, L. Klusáček – Statika při rekonstrukcích objektů
- [3] ČSN ISO 13822 „Zásady navrhování konstrukcí – hodnocení existujících konstrukcí“
- [4] ČSN 73 1201 „Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb“

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Bakalářská práce je zaměřena na problematiku ověření stavu předepnutých mostních konstrukcí v rámci možností dostupných diagnostických metod. Práce bude obsahovat teoretické poznatky o vybraných předpjatých prefabrikovaných mostních konstrukcích, přehled používaných diagnostických metod využívaných pro účely hodnocení stavu mostních konstrukcí. Praktická část bakalářské práce je zaměřena na provedení a vyhodnocení diagnostického průzkumu mostní konstrukce.

## STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).
2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

---

Ing. Jaromír Láník, Ph.D.

Vedoucí bakalářské práce

## ABSTRAKT

Teoretická část této bakalářské práce se zaměřuje na problematiku předpětí a obecně problémů spjatých s aplikací předpjatého betonu v mostním stavitelství a na metody ověřování a kontroly stavu objektů z tohoto materiálu.

Ve své praktické části se pak práce zabývá stavebním průzkumem a diagnostikou konkrétní mostní konstrukce z předpjatého betonu, následnou interpretací a vyhodnocením použitých zkoušek na jednotlivých částech tohoto objektu.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Stavebně technický průzkum, diagnostika mostní konstrukce, diagnostické metody, předpjatý beton, předpětí, poruchy mostů z předpjatého betonu.

## ABSTRACT

The theoretical part of this bachelor thesis focuses on prestressed concrete and problems that are nowadays showing with using prestressed concrete in bridge engineering and on the methods that are used for condition check of this material.

Practical part of the thesis is the construction research and diagnostic of the prestressed concrete bridge structure, evaluation and consecutive interpretation of used methods.

## KEYWORDS

Construction technological survey, bridge structures diagnostic, prestressed concrete, defects and failures of prestressed concrete in bridge engineering.

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Jiří Konderla *Diagnostika předepnutých mostních konstrukcí*. Brno, 2021. 87 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví. Vedoucí práce Ing. Jaromír Láník, Ph.D.

## PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Diagnostika předepnutých mostních konstrukcí* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 4. 1. 2021

---

Jiří Konderla

autor práce

## PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Diagnostika předepnutých mostních konstrukcí* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 4. 1. 2021

---

Jiří Konderla

autor práce

## PODĚKOVÁNÍ

Mé poděkování patří zejména mé přítelkyni Karolíně, jež měla trpělivost a ochotu vyslechnout si mé dojmy při psaní této práce. Svou schopností naslouchat mi psaní často velice usnadňovala. Také chci poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Jaromíru Láníkovi, Ph.D., na něhož jsem se mohl kdykoliv obrátit a který mi poskytl celou řadu velmi užitečných informací, bez nichž by tato práce vzniknout nemohla. Neméně důležitý dík pak patří mým rodičům, kteří mě ke studiu vždy vedli a podporovali mě v něm po celou jeho dobu.

## OBSAH

<b>1. ÚVOD .....</b>	<b>3</b>
<b>2. CÍLE PRÁCE .....</b>	<b>4</b>
<b>3. TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>5</b>
3.1. PŘEDPJATÝ BETON .....	5
3.1.1. Podstata .....	5
3.1.2. Statické působení .....	6
3.1.3. Historie .....	7
3.1.4. Betonová směs .....	8
3.1.5. Předpínací výztuž .....	10
3.1.6. Způsoby předpínání .....	12
3.2. STAVEBNĚ TECHNICKÝ PRŮZKUM STAVBY .....	12
3.2.1. Předběžný stavebně technický průzkum .....	13
3.2.2. Podrobný stavebně technický průzkum .....	13
3.2.3. Doplnkový stavebně technický průzkum .....	13
3.3. NEDESTRUKTIVNÍ METODY ZKOUŠENÍ .....	14
3.3.1. Vizuální kontrola .....	14
3.3.2. Tvrdoměrné metody .....	15
3.3.3. Elektrodynamické metody .....	17
3.3.4. Elektromagnetické metody .....	18
3.3.5. Georadary .....	19
3.3.6. Elektrické metody .....	19
3.3.7. Radiační metody .....	20
3.3.8. Tenzometrické metody .....	21
3.3.9. Trvanlivostní metody .....	21
3.4. SEMIDESTRUKTIVNÍ METODY ZKOUŠENÍ .....	22
3.4.1. Jádrové vrtání .....	22
3.4.2. Odtrhové zkoušky .....	23
3.5. NEJČASTĚJŠÍ VADY PŘEDPJATÝCH MOSTNÍCH KONSTRUKCÍ .....	23
3.5.1. Koroze výztuže .....	23
3.5.2. Ztráta krycí vrstvy výztuže .....	24
3.5.3. Karbonatace betonu .....	25
<b>4. PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>26</b>
4.1. ZÁKLADNÍ INFORMACE A POLOHA ZJIŠŤOVANÉHO MOSTNÍHO OBJEKTU .....	26
4.2. POPIS JEDNOTLIVÝCH ČÁSTÍ MOSTNÍHO OBJEKTU .....	27
4.2.1. Mostní opěry a křídla .....	27
4.2.2. Nosná konstrukce .....	27



4.2.3.	Mostní závěry .....	28
4.2.4.	Vozovka .....	28
4.2.5.	Římsy .....	29
4.2.6.	Odvodnění mostu .....	29
4.2.7.	Vybavení mostu .....	29
4.3.	APLIKACE DIAGNOSTICKÝCH METOD .....	30
4.3.1.	Jádrové vývrty .....	30
4.3.2.	Zkušební tělesa .....	30
4.3.3.	Karbonatace betonu .....	30
4.3.4.	Povrchová přídržnost betonu .....	31
4.3.5.	Stav předpínacích drátů a zainjektovanost kanálků .....	31
4.3.6.	Typ, poloha a krytí betonářské výztuže .....	31
4.3.7.	Zkouška pevnosti betonu Schmidovým tvrdoměrem typu N .....	32
4.4.	VYHODNOCENÍ A INTERPRETACE ZKOUŠEK NA SPODNÍ STAVBĚ .....	33
4.4.1.	Jádrové vývrty .....	33
4.4.2.	Betonářská výztuž .....	37
4.4.3.	Povrchová přídržnost betonu .....	41
4.4.4.	Odrazy tvrdoměru .....	44
4.4.5.	Stanovené parametry betonu .....	46
4.5.	VYHODNOCENÍ A INTERPRETACE ZKOUŠEK NA NOSNÉ KONSTRUKCI .....	48
4.5.1.	Jádrové vývrty .....	48
4.5.2.	Betonářská výztuž .....	52
4.5.3.	Povrchová přídržnost betonu .....	56
4.5.4.	Kabelové kanálky a předpínací výztuž .....	59
4.5.5.	Kotevní oblasti .....	67
4.5.6.	Odrazy tvrdoměru .....	70
4.5.7.	Stanovené parametry betonu .....	72
5.	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>73</b>
6.	<b>BIBLIOGRAFIE .....</b>	<b>74</b>
6.1.	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	74
6.2.	SEZNAM UVÁDĚNÝCH OBRÁZKŮ .....	76
6.3.	SEZNAM FOTOGRAFIÍ PROVÁDĚNÝCH SOND .....	78
6.4.	SEZNAM TABULEK .....	79

## 1. Úvod

Eugene Freyssient přinesl svým objevem předpjatého betonu mostnímu stavitelství přelomovou inovaci. Díky předpjetí se mohou navrhovat konstrukce štíhlejší a přitom jsou schopny překlenout větší rozpětí. Předpjatý beton má sám o sobě několik specifikací a různé druhy výrobních procesů, které se od železobetonu značně liší. Rozmach jeho použití zažilo mostní stavitelství po celém světě, včetně České republiky.

V dnešní době se však nedá označit stav mostních konstrukcí z předpjatého betonu na území České republiky za dostatečně vyhovující. Nedostatek znalostí pracovníků při výstavbě, snaha investorů šetřit tam, kde to není vhodné, či nedostatečné kontroly a údržby konstrukce v průběhu provozu vedly k značnému omezení životnosti mostních konstrukcí.

V současné době je zaveden systém evidence kontrol mostů silniční a dálniční sítě České republiky. Takto zavedené normativně stanovené postupy zajistí při pravidelných periodických prohlídkách objektivní zhodnocení stavebně technického stavu mostu a umožní tak předejít překročení jakéhokoli mezního stavu konstrukce, což by mohlo vést k omezení provozu konstrukce, či dokonce její zhroutení.

Ke zhodnocení stavu konstrukce nám pak slouží stavebně technický průzkum konstrukce, který za využití standardizovaných postupů vede k diagnostice stavu konstrukce. Dle použití dostupného přístrojového vybavení a znalostí pracovníka užívajícího tyto přístroje, má diagnostik několik možností, jak diagnostiku konstrukce zpracovat. Lze postupovat pomocí zkoušek destruktivních, tedy odebráním vzorku přímo z konstrukce, či nedestruktivními zkouškami pomocí různých druhů přístrojů, které jsou s omezenou přesností schopny určit charakteristiky použitých materiálů konstrukce a konstrukční skladbu mostního prvku.

Takováto diagnostika konstrukce pak vede k doporučením ohledně dalšího zacházení s konstrukcí. V zásadě tedy o nutnosti odstranění stavby, omezení provozu, rekonstrukce, či přestavbě celé nebo dané části konstrukce.

## 2. Cíle práce

Teoretická část práce bude zaměřena na téma předpjatého betonu v mostním stavebnictví. Bude řešen jak jeho vznik a vývoj, tak statické působení a podstata statického působení vnitřních sil v předpjatém betonu, ale také jednotlivé metody předpínání, aktuálně používané systémy předpjetí, druhy a složení betonové směsi pro předpjaté betony a typy používaných předpjatých výztuží do tohoto betonu. Dále budou rozebrány druhy prohlídek mostů pozemních komunikací, zejména tedy kým a co je kontrolováno a v jakém časovém úseku se tyto prohlídky provádějí. Neméně důležitým prvkem jsou stavebně technické průzkumy a jejich praktická aplikace ve stavitelství, včetně použití jednotlivých metod zkoušení, ať už nedestruktivních, či semidestruktivních, čemuž se tato práce bude také věnovat. Také budou řešeny nejčastější a nejpálčivější poruchy, k nimž používáním předpjatého betonu u mostních konstrukcí může docházet.

V praktické části pak bude řešen konkrétní mostní objekt a aplikace jednotlivých diagnostických metod přímo na objektu. Průzkum bude proveden jak na spodní stavbě mostního objektu, tak na jeho nosné konstrukci tvořené nosníky KA-67. Následně budou tyto diagnostické metody dle platných norem statisticky vyhodnoceny.

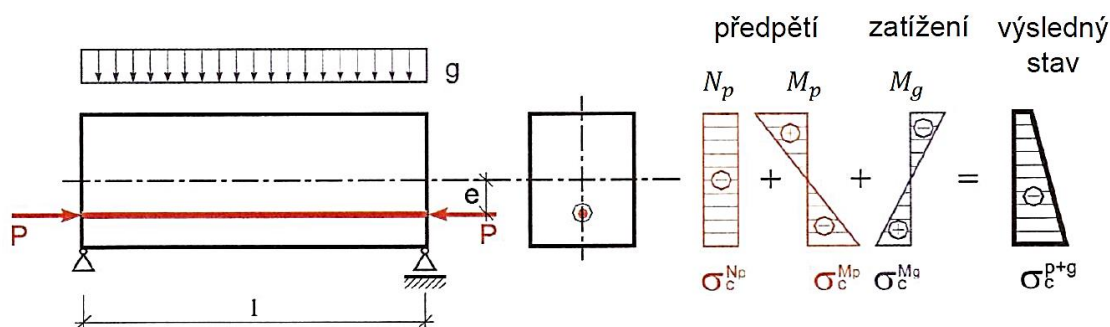
### 3. Teoretická část

#### 3.1. Předpjatý beton

##### 3.1.1. Podstata

Beton v kombinaci se správně navrženou betonářskou, či předpínací výztuží je schopen dobře odolávat velkému zatížení, má velké plastické rezervy a umožňuje překlenout mimořádná rozpětí. Předností prvku z takového materiálu je pak poměrně nízká cena, velká pevnost v tlaku, spojitost a tvarová variabilita. Vzhledem k těmto vlastnostem se také stal základním stavebním materiálem v mostním stavitelství.

Podstata přenosu zatížení betonu s výztuží spočívá ve faktu, že výztuž přenáší tahová napětí a beton napětí tlaková, která vznikají působením vnějšího zatížení. V předpjatém betonu přenáší výztuž taktéž tahová napětí, je ale navíc napnuta přes betonový prvek a tím se vnáší do betonu přídatná tlaková napětí. Tyto přídatná napětí pak mohou být využita jako tlaková rezerva při přenosu zatížení, čímž se lépe využije schopnosti betonu přenést velká napětí a eliminuje se tak nevýhoda jeho nízké pevnosti v tahu. Z předpjatého betonu se tedy stane lineárně pružný materiál, neboť jsme schopni vyloučit křehké porušení v tahu. K pochopení podstaty pak postačí jednoduché schéma, viz Obr. 1-1 [1], [2].



Obr. 3-1 Rozložení napětí předpjatého prvku [1]

Z obrázku je zřejmé, že vnesením vnitřní síly pomocí předpjetí vede k vyrovnání, či omezení napětí způsobeného vlivem vnějšího zatížení. Rozdíl oproti klasickému železobetonu je tedy v tom, že výztuž v prvku železobetonovém vzdoruje pouze tahům vyvozeným vnějším zatížením, proti zatížení tedy působí pasivně. Předpjatý beton pak předpjetím aktivně vzdoruje zatížení, což jsme schopni nahradit soustavou sil působících po délce nosníku, jejichž směr bude působit opačně, nežli působí vnější vlivy zatížení [1].

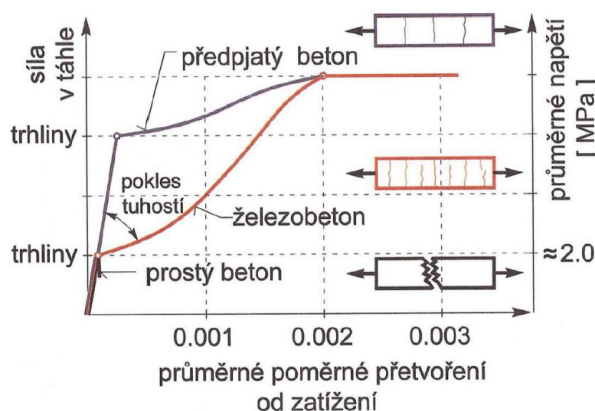
Zavedení předpjatého betonu pak představuje opravdovou revoluci ve stavitelství. Předpjatý beton přináší nové myšlení a přístup k navrhování konstrukcí z betonu založených na jednotě architektonického a konstrukčního řešení [2].

### 3.1.2. Statické působení

Zatížíme-li prvek z prostého betonu tahovou silou, jeho schopnost přenést zatížení bude značně malá. Beton bude působit lineárně až do vzniku trhlin, které se objeví při průměrném napětí okolo 2 MPa. Se vznikem trhliny dojde zároveň k vyčerpání únosnosti křehkým porušením.

Pokud však zatížíme tahovou silou prvek z betonu vyztuženého, nedojde k porušení při vzniku prvních trhlin. Takový prvek bude mít schopnost odolávat dalšímu zatížení i po vzniku trhlin, i když se významně sníží jeho tuhost. Prvek začne působit do jisté míry plasticky, bude schopen přenášet zatížení i po dosažení pevnosti betonu v tahu, nebo dosažení meze kluzu ve výztuži. Zatížení, které je potřebné k porušení takového prvku se tak díky ocelovému táhlu značně zvýšilo, prvek nabývá větší tažnosti, houževnatosti a únosnosti.

Vytvoříme-li v betonovém prvku otvor v těžišti průřezu a po zatvrdnutí betonu provlečeme výztuž skrz otvor přes celý prvek, dostáváme prvek z předpjatého betonu. Takovýmto předpjetím pak únosnost ještě umocníme vnesením tlakového napětí do prvku. Při zatěžování tahovou silou pak zpočátku pouze vyrovnáváme tlakovou rezervu vzniklou přepjetím. Dosažením určité velikosti vnější síly dosáhneme v betonu nulového napětí a až tehdy začíná působit beton v tahu, čímž se značně posune mez vzniku trhlin. Prvek z předpjatého betonu má tedy oproti prvku železobetonovému schopnost odolávat většímu zatížení před překročením meze vzniku trhlin. Navíc je možno navrhnout předpjetí tak, aby se trhliny při odlehčení prvku uzavřely. Při stálém zatížení jsme pak schopni získat konstrukci zcela bez trhlin, což může být velkým přínosem například pro ochranu výztuže před korozi. Vznik trhlin také souvisí s poklesem tuhosti prvku. Předpjatý prvek je tedy tužší a díky tomu dochází k menšímu protažení v ohýbaném prvku. Lze tedy navrhnout značně štíhlejší konstrukci v porovnání s železobetonem při dodržení stejných požadavků na mezní průhyby. Štíhlejší konstrukce má pak menší vlastní tíhu, čímž dojde jak k úspoře materiálu, tak k možnosti zvětšení rozpětí konstrukce [1], [3].



Obr. 3-2 Statické působení prostého, železového a předpjatého betonu [1]

Uvažujeme-li, že prvek železobetonový a prvek z předpjatého betonu jsou vyztuženy stejnou výztuží, pak u obou prvků dochází k překročení meze únosnosti při stejném zatížení. Důležité však je, že u prvku z předpjatého betonu je potřeba značně větší energie pro vyčerpání únosnosti. Na obrázku Obr. 3-2 je vynesena závislost tahové síly na poměrném přetvoření prvku, která výše uvedený fakt jasně demonstruje. U železobetonového prvku by pak také muselo před dosažením meze únosnosti dojít k velkému rozvoji trhlin a k velkým průhybům, což však v praxi není možné z hlediska porušení mezního stavu použitelnosti konstrukce.

V praxi se uplatňuje předpínání zejména u novostaveb betonových konstrukcí. Předpínání díky jeho statickým účinkům však lze použít i jako metodu sanační pro rekonstrukci betonových, či zděných objektů. Správným návrhem je možné docílit obnovení použitelnosti konstrukce nebo konstrukci upravit tak, aby byla schopna odolat novým stavebním úpravám [1], [3].

### 3.1.3. Historie

Počátky vývoje předpjatého betonu se dají považovat už v 19. století ze dvou nezávislých projektů. Jeden z nich je z dílny kalifornského inženýra P. H. Jacksona, který napnul v roce 1886 ocelové pruty v betonových obloucích a druhý z roku 1888 od Němce C. E. W. Doehringa, který navrhl výrobu betonových nosníků a desek vyztužených předpjatými dráty. Bylo však zjištěno, že počáteční tlakové napětí vlivem předpětí z betonu vymizelo. Za skutečného objevitele předpjatého betonu tedy lze považovat až dílo z roku 1928 od Francouze Eugena Freyssineta, který poprvé použil předpínací dráty o vysoké pevnosti. Tento faktor je pro zajištění dlouhodobého přepětí velmi důležitý. Freyssinetovým objevem pak započal prudký rozvoj konstrukcí z předpjatého betonu.



Obr. 3-3 První předpjatý most Luzancy, Francie [4]



Obr. 3-4 Eugen Freyssinet [4]

Prvních deset let rozvoje předpjatého betonu velkou mírou ovlivnilo celé mostní stavitelství. Tato doba byla vlivem právě probíhajících společenských změn obtížnou dobou pro zavádění nových technologií. Freyssinet si detailně uvědomil existenci opožděných deformací betonu na progresivní konstrukci mostu o třech polích, kterou realizoval v roce 1910. První světová válka jeho úmysl důkladně prozkoumat tyto opožděné deformace však

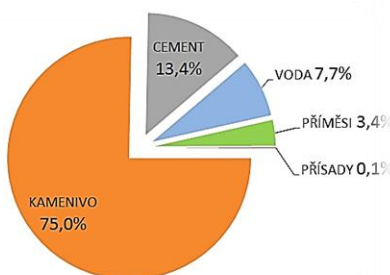
odsunula až na období mezi léty 1926 až 1929. Pak mohl vytvořit správnou teorii o deformacích předpjatého betonu a úspěšně navrhovat předpjaté konstrukce. Technické označení „béton précontraint“ (předpjatý beton), se vyskytl poprvé až v roce 1933 ve Freyssientově odborném článku. První předpjatý trémový most na základě Freyssientova projektu se začal stavět v roce 1938. Jako další významné osobnosti, kteří rozvoji předpjatého betonu ve stavitelství značnou mírou přispěli jsou Morsch, Dischinger, Leonhardt, Guyon, Menn, Virlogeux, Walther, Schlaich a Collins. Pokud se podíváme do bývalého Československa pak to jsou Žůda, Kaucký, Hruban, Šmerda, Voves, Janda a Stráský. První most z předpjatého betonu byl u nás postaven v roce 1947 na dálnici u Koberovic nedaleko Humpolce pražskou firmou Litická, a.s., která neměla technologii, výrobní prostředky a ani zkušenosti s výrobou předpjatých prefabrikovaných nosníků. Byl to na svou dobu po všech stránkách náročný úkol, který se povedlo velmi dobře uskutečnit. Zajímavé je, jak pečlivě se firma věnovala výrobě prefabrikovaných nosníků. Napínaly se dokonce i svislé výztužné třmínky. Tento most se dopravního provozu nakonec nedočkal, jelikož byla niveleta dálnice upravena a vedena v jiné výškové trase. Most tak musel být zcela odstraněn. [1], [4], [5], [6].

#### 3.1.4. Betonová směs

Beton je kompozitní materiál složený z několika navzájem spolupůsobících složek. Pro nosné předpjaté konstrukce musí mít takové mechanické vlastnosti, aby zajistil spolehlivé přenesení účinků vnějšího zatížení a předpětí. Musí také zajistit dostatečnou trvanlivost konstrukce a ochránit výztuž před vznikem koroze.

Beton je materiál skládající se ze směsi cementu, kameniva a vody, případně přísadami nebo přísadami, který nabývá svých vlastností hydratací cementu.

Složení betonové směsi předpjatého betonu je ovlivněno požadavkem na jeho vysokou pevnost, zpracovatelnost, reologické vlastnosti a také požadavky na rychlost tuhnutí. Pro výrobu předpjatého betonu se používají kvalitní betony dosahující pevností okolo 40 až 60 MPa, v některých zemích se dokonce používají vysokopevnostní betony dosahující pevností 80 až 120 MPa. Samotný návrh betonové směsi pak provádí specializovaný technolog, který se řídí řadou laboratorních zkoušek [1], [7], [8], [9].



Obr. 3-5 Složení betonové směsi [8]

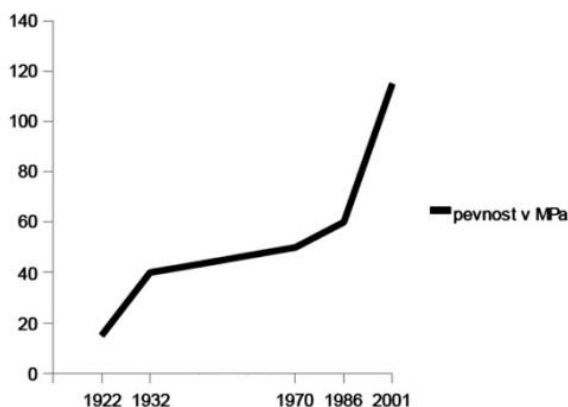
Základní složkou betonové směsi je cement. Cement je jemně mletá anorganická látka, jež při smíchání s vodou vytváří kaši, která má schopnost následně tuhnout a tvrdnou v důsledku hydratačních reakcí a procesů. Pro předpjatý beton se používá kvalitní portlandský cement třídy 42,5 nebo 52,5. Množství se pak pohybuje zhruba mezi 400 až 420  $\text{kgm}^{-3}$ . Do množství asi 500  $\text{kgm}^{-3}$  platí, že čím více je ve směsi cementu, tím větší je pevnost betonu. Při překročení této orientační hranice již však nebude beton svou pevnost navyšovat, nýbrž se začne zvyšovat jeho smršťování a dotvarování.

Další složkou je kamenivo, které obvykle zaujímá největší podíl objemu betonové směsi. Pro směs předpjatého betonu nelze použít kamenivo recyklované. Dle požadované kvality předpjatého betonu je potřeba použít kamenivo tvrdé, neporézní, objemově stálé a zbavené nečistot.

Vysokopevnostní betony pak obsahují také mikroplnivo, což může být například křemičitý úlet, který vzniká jako vedlejší produkt při výrobě slitin křemíků v elektrických obloukových pecích. Nahrazuje se jím zhruba 5 až 10 % celkové hmotnosti cementu.

Množství vody se pak udává relativně na základě množství obsahu cementu, tedy vodním součinitelem. Při zvyšování vodního součinitele dochází ke zvětšování dotvarování a smršťování a poklesu pevnosti kvalitního betonu v důsledku vytváření dutin a pórů.

V současné době se betonová směs složená pouze z plniva, pojiva a vody nevyrábí. Velký rozvoj stavební chemie a jejího praktického využití, přinesl do oblasti technologie celou řadu látek, které mají mimořádný vliv na vlastnosti výsledné směsi. Takové látky pak rozdělujeme na přísady a příměsi. Následující jednoduchý graf nám ukazuje, jak se díky těmto látkám navýšila maximální hodnota pevnosti betonu v tlaku v průběhu let [1], [7].



Obr. 3-6 Nárůst maximální hodnoty pevnosti betonu v tlaku v čase [7]

Přísady jsou materiály, jež jsou přidávány v malých množstvích během míchání betonu. Pomocí přísad lze ovlivnit vlastnosti betonové směsi, jako například zvýšení zpracovatelnosti směsi, urychlení tvrdnutí betonu, zpomalení tuhnutí nebo existují takzvané stabilizátory betonové směsi pro upravení tekutosti a udržení homogenity směsi, aby nedošlo k segregaci šterku a jemných částic.



Příměsi jsou pak práškové anorganické materiály, které se přidávají do betonu v množstvích srovnatelných s dávkou cementu. Člení se na dvě skupiny, rozlišené dle podílu na procesu hydratace. První skupina jsou příměsi téměř inertní, které se neúčastní hydratace, podílí se však aktivně na tvorbě pevného kamene. Vyznačují se kladným vlivem na zpracovatelnost a hutnost betonové směsi. Další skupinou jsou příměsi latentní hydraulické nebo pucolány, tedy látky, které jsou schopny účastnit se hydratace v prostředí, ve kterém tato reakce již probíhá a umožňují dosáhnout výrazně vyšších pevností betonu.

Důležitým faktorem výsledné kvality směsi je také obsah chloridů v betonu, který se vyjadřuje procentuálním podílem chloridových iontů k hmotnosti cementu. Maximální povolená hodnota pro beton s předpjatou ocelovou výztuží se pohybuje kolem 0,2 %. Nesmějí se použít přísady na bázi chloridů, či chlorid vápenatý. Pro stanovení obsahu chloridů v betonu se postupuje podle jedné ze dvou metod uvedených v normě [1], [7].

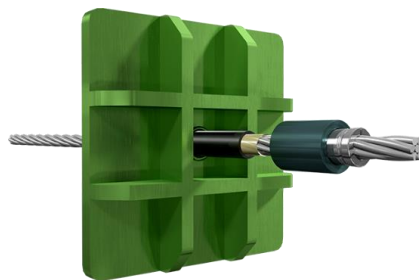
### 3.1.5. Předpínací výztuž

Pro výztuž předpjatého betonu je možno využít jak klasicky zušlechtěné předpínací oceli, tak vysokopevnostních lan z nekovových materiálů, především pak z umělých vláken na bázi uhlíku. Ocelové výrobky se dále dělí na předpínací lana, dráty, tyče a kabely.

Veškeré výztužné výrobky musí odpovídat Eurokódu nebo Evropskému technickému schválení (ETA), které se vydává na základě Evropských dokumentů pro posuzování (EAD). Certifikace výrobku je pak proces posuzování shody výrobku s požadavky technických předpisů a specifikací tak, aby mohl být výrobek použit v praxi [10].

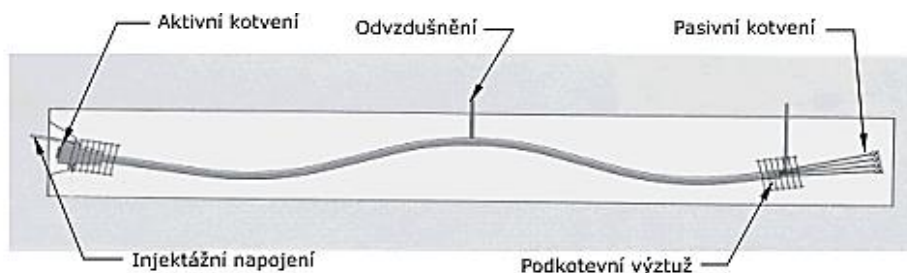
Aby dosahovala předpínací ocelová výztuž požadovaných vlastností, musí projít speciálním postupem výroby a obsahovat specifické chemické složení. Jsou to oceli nízkolegované nebo nelegované, přičemž legování je metalurgický postup, při kterém dochází k vylepšování vlastností kovů přidáním jiných prvků. Tento postup však není pro předpínací ocel vhodný, jelikož funguje na úkor obsahu uhlíku v oceli. Oproti betonářské oceli je ale nutno, aby byl v předpínací oceli obsah uhlíku zvýšen, jelikož výrazně zvyšuje pevnost v tahu oceli [1].

V praxi je často využíván ku příkladu jednolanový předpínací systém bez soudržnosti MonoStrand. Je složen z předpínacích lan průměru 15,7 mm, uložených v polyethylenových chráničkách s vysokou hustotou a obalených mazivem. Dochází tak k minimální ztrátě předpínací síly vlivem tření a je zajištěna dvoustupňová protikorozní ochrana lan. Lana je možné vést skrytě v kanálcích uvnitř konstrukce, či po povrchu konstrukce tam, kde to není estetický problém. Lana se kotví poplastovanými kotevními hlavicemi a napínají se pomocí předpínacích pistolí. Kotevní hlavice slouží jako opěry pro vnesení předpjetí, lano je v nich uchyceno a při předpínání se předpínací pistole opírá o kotvy. Také na kvalitu a provedení kotev je potřeba brát velký důraz, protože kotvy jsou namáhány nejen vnesenou předpínací silou, ale jsou také ovlivňovány nepříznivými vlivy jako působení vlhkosti, či různých agresivních látek [3].



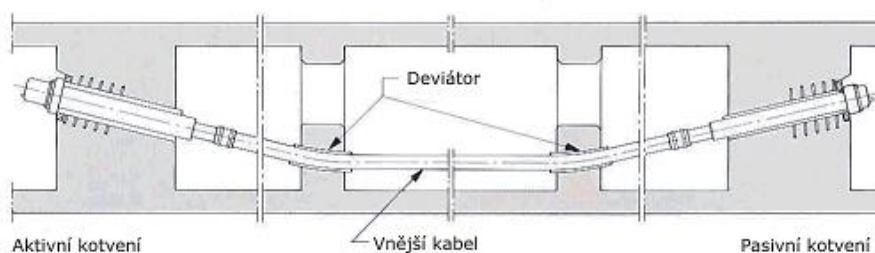
Obr. 3-7 Lano systému MonoStrand [3]      Obr. 3-8 Kotevní hlavice MonoStrand [3]

Další možností mohou být například multilanové předpínací systémy se soudržností a bez soudržnosti. Předpínací kabely u takových systémů se skládají z předpínacích lan, kabelového kanálku a kotvení. Multilanový systém VSL může být tvořen dokonce až 55 splétanými sedmidrátovými lany o průměru 15,7 mm. Kanálky jsou pak buďto ocelové, nebo plastové PT-Plus a kabely jsou osazovány řadou aktivních, či pasivních kotev a kabelových spojek. Systém kabelů se soudržností se po předepnutí injektuje cementovou maltou, jenž zajišťuje spolupůsobení předpínacího kabelu v každém průřezu konstrukce a také ochranu lan proti korozi. Lana kabelů předpínacího systému bez soudržnosti jsou navíc uložena v HDPE chrániče a jsou zainjektovány mazivem [11].



Obr. 3-9 Schéma vícelanového předpínacího systému [11]

Pokud není dostatečný prostor pro vedení předpínacích kabelů uvnitř konstrukce, nebo pokud chceme zajistit možnost kontroly kabelů v průběhu životnosti a jejich případnou výměnu, přichází na řadu vnější dodatečné předpínání. Vnější kabely jsou v mostním stavitelství také běžně využívány a disponují navíc vysokou protikorozní ochranou. Jsou tak často jedinou možností pro zvýšení únosnosti stávajících konstrukcí. [11]



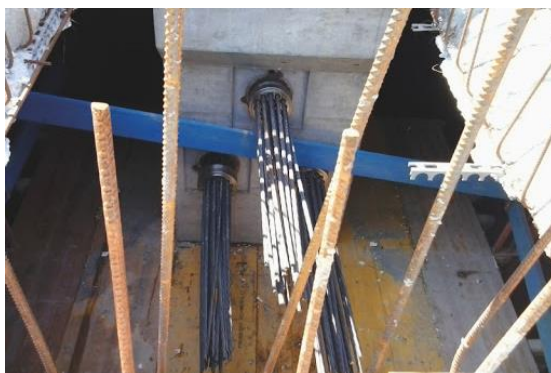
Obr. 3-10 Schéma vnějšího předpínacího systému [11]

### 3.1.6. Způsoby předpínání

Velmi důležitým rozdělením předpjatého betonu je rozdělení na předem a dodatečně předpjatý beton. Technologie výroby se u tohoto rozdělení mění, přičemž soudržnost mezi výztuží a betonem hraje velmi významnou roli.

Předem předpjatý beton spoléhá plně na zakotvení předpínací výztuže soudržností s betonem. Musí být proto zajištěn přenos předpínací síly z výztuže do betonu po celé délce výztuže. První fází je předepnutí výztuže hydraulickými lisami, její dočasné ukotvení a uložení běžné betonářské výztuže. Poté se celý prvek v ocelové formě nebo na dlouhé dráze zabetonuje. Přibližně po 7 dnech, jakmile zatvrdne beton, se výztuž uvolní přepálením nebo přerezáním. Tím dojde k vnesení předpínací síly do betonu, přičemž výztuž je již kotvena soudržností s betonem. Soudržnost předpínací výztuže a betonu je tak naprosto nezbytná.

U dodatečně předpjatého betonu musí celou předpínací sílu přenést ocelová kotva, i když určitá soudržnost mezi injektážní maltou a předpínací výztuží existuje. Výroba probíhá tak, že se nejdříve vybetonuje celý prvek s předem vytvořenými kanálky sloužícími k umístění předpínací výztuže. Po zatvrdnutí betonu se kanálky vyjmou a skrze otvory se napne a trvale zakotví předpínací výztuž pomocí kotevního zařízení. Kanálky se poté zainjektují maltou. Na kvalitu malt pro injektáž je kladeno množství požadavků. Musí být dostatečně tekuté, aby vyplnily celý objem kanálku. Nesmí však docházet k odlučování vody, která by mohla vést k tvorbě dutin a koroze výztuže. Dále musí mít dostatečnou pevnost, nesmí se smršťovat, či obsahovat látky způsobující korozi. Malty pro injektáž se používají většinou cementové vyplněné kamennou moučkou a vthání se do prvku pod tlakem. Tvoří kolem předpínací výztuže alkalické prostředí, které chrání výztuž proti korozi [1], [12].



*Obr. 3-11 Viditelné předpínací dráty dodatečně předpjatého betonu in-situ [13]*

## 3.2. Stavebně technický průzkum stavby

Před zahájením samotných projekčních prací na plánované rekonstrukci je nezbytné provést důkladný průzkum objektu. Stavebně technickým průzkumem se rozumí několik samostatně prováděných průzkumů objektu. Mezi tyto průzkumy patří konstrukční a statický průzkum, vlhkostní průzkum a průzkum biokoroze objektu. Účelem těchto

průzkumů je pak poskytnout soubor vyčerpávajících informací o objektu ve stávajícím stavu a jeho vazbách na okolí.

Vzhledem k rozdílným požadavkům na rozsah a obsahovou náplň průzkumu v příslušné časové úrovni jednotlivých fází procesu rekonstrukce objektu, provádíme stavební průzkum ve třech úrovních [13].

### 3.2.1. Předběžný stavebně technický průzkum

Tento průzkum shromažďuje nejobecnější informace jako mohou být; historie objektu, vývoj provozního využívání, návaznost na nejbližší okolí a uzemní celek včetně ekologických vazeb a konstrukční charakteristiky s výčtem provozních, či konstrukčních vad a poruch. Provádí se za plného provozu objektu před zahájením projekční přípravy a pouze specifikují druh a rozsah dalších informací, které jsou nezbytné pro další fáze.

Průzkum se provádí shromážděním a prostudováním dostupných podkladů, tedy archivní materiály, výkresová dokumentace objektu se všemi dodatky a změnami. Dále pak vizuální prohlídkou objektu, jeho dílčích konstrukcí a návaznosti na nejbližší okolí [13].

### 3.2.2. Podrobný stavebně technický průzkum

Tento průzkum konkretizuje a doplňuje průzkum předběžný. Mohou to být specifikace materiálových vlastností konstrukcí, nebo například jejich statické parametry. Doplňuje také předběžný průzkum o konkretizaci geologického profilu podloží a hydrologické poměry, fotografickou dokumentaci stávajícího stavu, specifikaci možných příčin vad a poruch a exaktních hodnocení jednotlivých konstrukcí a materiálů vyžadujících destruktivních průzkumných metod.

Veškeré fáze tohoto průzkumu je vhodné provádět bez přerušení provozu a měly by se tak volit takové metody průzkumu, aby nemuselo dojít k vyloučení běžného provozu konstrukce. Informace z tohoto průzkumu je nutno zpracovat tak, aby byly dostatečným podkladem pro zpracování projektové dokumentace.

Tento průzkum se provádí formou vizuální prohlídky objektu a jeho konstrukcí, nedestruktivními zkouškami pro stanovení fyzikálních ukazatelů a omezeným destruktivním hodnocením materiálů, jež nevyloučí běžný provoz objektu [13].

### 3.2.3. Doplňkový stavebně technický průzkum

Poslední částí průzkumných prací, která se provádí až v průběhu projektování a těsně před zahájením rekonstrukce objektu, je doplňkový průzkum. V této etapě se provádí průzkumy pro přehodnocení sporných závěrů předchozích poznatků, či jejich doplnění. Provádí se již ve vyklizených objektech připravených pro zahájení rekonstrukčních prací. Součástí tohoto průzkumu mohou být také základní ekonomické údaje [13].

### 3.3. Nedestruktivní metody zkoušení

Zkoušení dělíme dle stupně poškození ke kterému dojde vlivem zkoušení na konstrukci. Jedná se o zkoušení nedestruktivní, destruktivní a semidestruktivní. Průzkumné práce se obvykle skládají z kombinací jednotlivých zkušebních metod, jelikož jeden typ zkoušky ve většině případů není dostatečně průkazný. Také je nutno uvážit účel konstrukce a míru jejího poškození a následně zvolit optimální způsob zkoušení, který nám zajistí dostatečně detailní materiálové a konstrukční charakteristiky při nejmenší možné míře poškození konstrukce. Cílem hodnocení těchto zkoušek pak může být prověření uskutečnitelnosti přestavby, možnost prodloužení životnosti stavby, kontrola spolehlivosti požadována vlastníkem, či státními orgány nebo také zjištění porušení konstrukce v důsledku působení mimořádného zatížení [14].

Nedestruktivní metody zkoušení jsou metody, které většinou nepoškozují konstrukci, či její povrch. U některých tvrdoměrných metod se zkoušené místo pouze upraví sbroušením, případně vrypem nebo vtiskem. Měření probíhá buď přímo na stavbě na zkoušené konstrukci nebo v laboratoři. Díky těmto metodám lze poukázat například na přítomnost trhlin, odchylek od projektované tloušťky konstrukce, či jiné odchylky ve struktuře, jakosti, rovnoměrnosti povrchu a dalším materiálně fyzikálním nerovnoměrnostem.

Předností je umožnění několikanásobného měření na tomtéž místě a měření změn závislých na čase. Často se však měří pomocná charakteristika, která je na požadované charakteristice nějak závislá. Moderní nedestruktivní metody, které jsou založené na počítačových technologiích, tento problém ale výrazně eliminují a zjednodušují vykonávání zkoušek. Použitím těchto metod nedochází k narušení použitelnosti konstrukce a jejich využitím lze dosáhnout velkého souboru dat. Je však často nezbytné doplnit je o zkoušky semidestruktivní [14], [15].

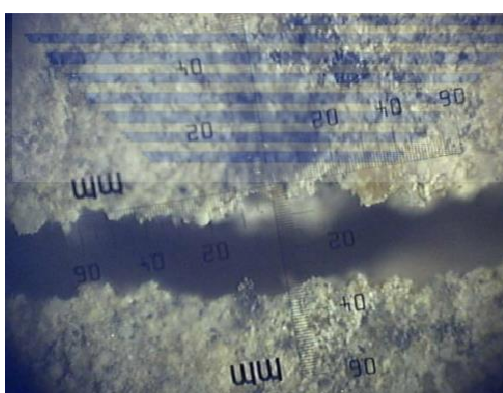
#### 3.3.1. Vizualní kontrola

Tato metoda spočívá v podrobné vizuální prohlídce mostu a popisu všech zjištěných závad. Do rozsahu zjistitelných závad patří trhliny, lokální a plošné odpadávání betonu, degradace betonu, výkvěty a výluhy, stopy rzi, hnízda a dutiny, vlhká a mokrá místa po zatékání, opravovaná místa, propustnost mostních závěrů, obroušení povrchu konstrukce a další mechanická poškození například po nárazu vozidla apod. Takto zjištěné závady se dále zakreslují do zjednodušené výkresové dokumentace dle terminologie ČSN 73 6200 Mostní názvosloví a dle Katalogu závad mostních objektu PK.

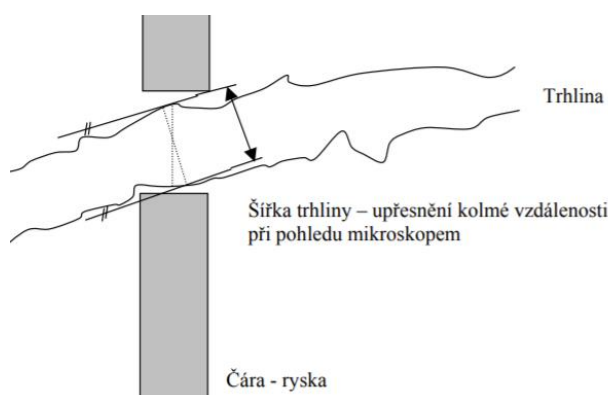
Dle ČSN 73 6221 Prohlídky mostů pozemních komunikací se sleduje například viditelná deformace jednotlivých konstrukčních prvků, jejich posunutí a vybočení, funkčnost a stav ložisek a kloubů, sedání základů, či jejich podezření, chemické poškození konstrukcí, uvolněné kameny a rozpad zdiva, viditelné porušení izolace nebo jejího chybného

provedení, stav mostních říms, výškové změny mostního závěru, viditelné poškození mostního vybavení, stupeň opotřebení a nerovnosti vozovky, apod [16].

Mapování samotných trhlin je pak vhodné provést fotograficky a to pokud se na konstrukci vyskytuje větší množství trhlin, jsou-li nepravidelné apod. Monitorují se vybrané referenční plochy na konstrukci jednotlivými záběry tak, aby byly rozlišitelné trhliny minimální šířky 0,1 mm. Fotografické mapování umožňuje zpětnou kontrolu a opakovanou analýzu. Další možností mapování je mapování ruční. To je vhodné především pro případy omezených výskytů trhlin na konstrukci, malých četností trhlin a pro případy velkých charakteristických trhlin, jenž neumožňují zakreslení ve vhodném měřítku. Metodický postup určení šířky, či délky trhlin a jejich dlouhodobé sledování je pak podrobně popsáno v *TP 201 – Měření a dlouhodobé sledování trhlin v betonových konstrukcích* [17].



Obr. 3-12 Pohled na trhlínu pod mikroskopem [21]



Obr. 3-13 Metodický postup určení šířky trhliny při pohledu pod mikroskopem [21]

### 3.3.2. Tvrdoměrné metody

Tvrdoměrné metody jsou založené na měření tvrdosti povrchu materiálů a stanovení koleračního vztahu mezi pevností materiálu a jeho tvrdostí. Tvrdoměrné metody mohou být vtiskové za pomoci válečku, hrotu, kuličky a disku, vnikací za pomoci hrotu, dřáta a špičáku. Dále pak odrazové volným pádem nebo odrazové pružinové a dále brusné a vrtané tvrdoměrné metody [14].

Metody pomocí odrazových tvrdoměrů jsou nejpoužívanějšími nedestruktivními metodami, kterými lze ověřit kvalitu betonu a stanovit jeho pevnost v tlaku. Jsou velmi rychlé a jednoduché. Při správném provedení jsou také velmi spolehlivé, existuje však množství faktorů, jež mohou ovlivnit jejich výsledky. Nové konstrukce, vytvořené s využitím plastifikátorů mohou mít výrazně vyšší nárůst pevnosti, než tvrdosti. U starých konstrukcí to může být například odlišná tvrdost betonu při povrchu a v hloubce. Je tedy důležité tyto metody upřesnit pomocí výsledků z normových zkoušek pevnosti v tlaku na kontrolních tělesech. Metody jsou tedy omezeny zkoušením povrchové vrstvy betonu, přístupností



povrchu konstrukce, počtem proveditelných zkušebních míst, stářím, vlhkostí a stejnoměrností betonu.

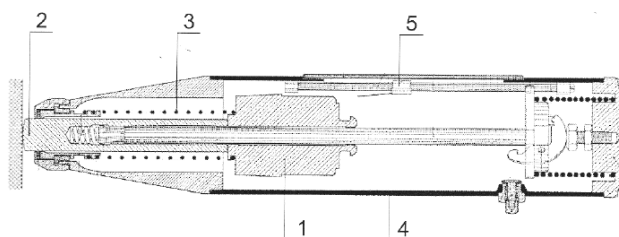
Zkušební místo, na kterém se provádí měření, je předem připravená plocha o rozměrech zhruba 100 x 100 mm, která musí být zbavena povrchové úpravy a musí být hladká a suchá. Toho docílíme například zbroušením povrchu konstrukce. Samotné měření pak musí zohlednit specifické podmínky měření. Například u typu Schmidt N je to minimální vzdálenost úderů 30 mm od sebe, či od hrany betonu.

Druhy odrazových tvrdoměrů se liší na základě energie provedeného nárazu, mechanické konstrukci a její velikosti. Pro běžné případy zkoušení betonu je základním tvrdoměrem Schmidt typu N s energií odrazu 2,207 Nm, na tenkostěnné prvky je pak určen Schmidt typu L, který má energii odrazu pouze třetinovou. Pro masivní konstrukce pak existuje Schmidt typu M, který se však v praxi již téměř nepoužívá. Padací kladívka typu Schmidt P a Schmidt PT pak slouží ke zkoušení pórobetonu a odbedňovacích pevností. Novodobý vývoj vysokopevnostních betonů si vyžádal vyvinutí nového digitálního kladívka SliverSchmidt v modifikacích N a L, jenž měří koeficient vrácené energie a umožňuje zkoušet betony až do 100 MPa [18], [19].



Obr. 3-14 Tvrdoměr typu Schmidt N značky Proceq [24]

Odrazové tvrdoměry typu Schmidt N jsou složeny z beranu, razníku, tažné pružiny a vlečeného ukazatele. Zatlačením razníku dochází k uvolnění závěsu beranu, která dopadne na razník a od kterého se odrazí a posune vlečený ukazatel do místa odpovídajícího velikosti odrazu. Velikost toho odrazu se pak odečte pomocí měřítka na vnější straně pouzdra tvrdoměru [18], [19].



Obr. 3-15 Schmidt N: 1-beran, 2-razník, 3-pružina, 4-pouzdro, 5-vlečený ukazatel [22]

### 3.3.3. Elektrodynamické metody

Elektrodynamické metody, které jsou založeny na snímání a vyhodnocování mechanického vlnění, vyvolaného ve zkoušeném materiálu mechanickým podnětem. Tyto metody dále dělíme na ultrazvukové, rezonanční, metody fázových rychlostí, tlumených rážů, metody mechanické impedance, akustické emise a echo metody [14].

Pro diagnostické potřeby se hojně využívá ultrazvuková impulzivní metoda, která využívá ultrazvukového vlnění s frekvencí 20-150 kHz. Spočívá v měření doby průchodu ultrazvukového impulsu materiálem a stanovení rychlosti šíření těchto vln. Rychlost je přitom různá pro odlišné materiály. U kvalitního betonu dochází k rychlejšímu šíření vln než u betonu méně kvalitního. Jsme tak schopni stanovit homogenitu betonu, přítomnost dutin a trhlin, změny vlastností materiálu v čase, či dynamické fyzikální vlastnosti materiálu. Rychlost šíření vln však může být také využita k odhadnutí pevnosti betonu, výsledek však může být ovlivněn vlhkostí a teplotou materiálu, tvarem a velikostí tělese, nebo dutinami a trhlinami v konstrukci.

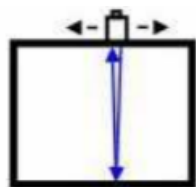
Prozvučování měřeného tělesa může být přímé, polopřímé a nepřímé. Přičemž přímé prozvučení je nejefektivnější, jelikož se u něj dá základna nejlépe změřit a útlum vlnění je v porovnání s ostatními způsoby nejmenší. Zbylé dva způsoby se tak používají pouze v případech, kdy nejsou přístupné protilehlé stěny konstrukce [18].



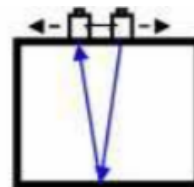
Obr. 3-16 Druhy prozvučování ultrazvukovou metodou [22]

Dalším typem ultrazvukové metody je metoda odrazová, kterou, stejně jako metody polopřímé a nepřímé prozvučovací, rovněž volíme v případech, kdy je konstrukce přístupná jen z jedné strany. Na rozdíl od nepřímého prozvučování nám však tato metoda umožňuje odhalit dutiny, nehomogenitu a cizí tělesa po celé výšce konstrukce, jelikož metoda funguje na principu odrazu ultrazvukového impulsu. Ultrazvukový signál pak může vysílat buďto jedna sonda, která bude mít roli vysílače i přijímače, nebo je možno signál vysílat jednou sondou a přijímat sondou druhou [14].





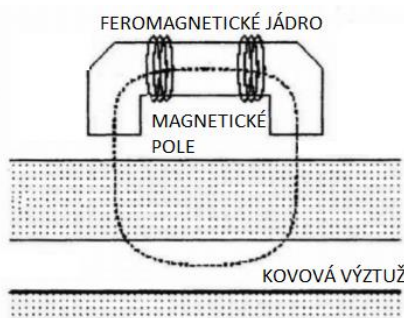
Obr. 3-17 Odrazová metoda za pomoci jedné sondy [18]



Obr. 3-18 Odrazová metoda za pomoci dvou sond [18]

### 3.3.4. Elektromagnetické metody

Princip metody spočívá ve využívání magnetických vlastností měřeného materiálu, kdy přístroj vyhodnocuje změnu magnetického odporu v magnetickém obvodu. Toto magnetické pole obvodu je uzavřeno mezi pólovými nástavci budící cívky a hledaným kovovým cílem. V poslední době se využívají metody na bázi pulsně – indukčních technologií, které mají cívky vyhledávací hlavy bez magnetického jádra a stabilita měření tak není ovlivněna některými faktory, jako například závislostí magnetických vlastností jádra vyhledávací cívky na teplotě.



Obr. 3-19 Měření pomocí sondy s feromagnetickým jádrem [25]

Elektromagnetické indikátory výztuže slouží k rychlému lokalizování výztuže v železobetonové konstrukci, jejich výhodou je zcela nedestruktivní charakter. Nevýhodou je pak dosah přístrojů běžných sond, jež se pohybuje mezi 60-100 mm, pokud používáme hloubkové sondy, pak je to 150-220 mm. Dále může být měření ovlivněno sousední výztuží, pokud jsou prvky blízko u sebe a v závislosti na průměru a krytí výztuže. Další nevýhodou je měření v blízkosti silných elektromagnetických polí, která mohou měření znemožnit, či zásadně zkreslit [18], [20].



Obr. 3-20 Elektromagnetický indikátor výztuže BOSCH [26]

### 3.3.5. Georadary

Jedna z nejpoužívanějších metod založených na vysílání elektromagnetických pulzů je georadar. Ten vysílá do konstrukce vysokofrekvenční elektromagnetické pulzy a registruje odrazy těchto pulzů od rozhraní materiálů. Frekvence těchto pulzů se nejčastěji pohybuje v rozmezí 25-1000 MHz a kontinuálního obrazu jsme schopni dosáhnout při velmi hustém kroku měření, který se standardně pohybuje mezi 5-10 mm. Při diagnostickém průzkumu se tak georadar používá k lokalizaci nehomogenit v betonu a pro lokalizaci výztuže.

Jedním z nejpoužívanějších georadarů pro měření v železobetonu je přístroj HILTI PS 1000. Ten poskytuje náhled do betonových konstrukcí v reálném čase za pomoci automatického generování obrazů pro vyhodnocení získaných dat přímo na místě. Lze pomocí něj vyhledat výztuže, táhla, kovová nebo plastová potrubí, optické kabely a dutiny do hloubky 300 mm s přesností lokalizace  $\pm 10$  mm v betonových konstrukcích. Lze měřit jak liniově, tak plošně a systém zahrnuje zobrazení půdorysu a průřezu skenu ve 2D i ve 3D [21], [20], [22].



Obr. 3-21 Georadar HILTI PS 1000 [27]

### 3.3.6. Elektrické metody

Elektrické metody využívají elektrického odporu ke stanovení kapacity nebo jiné elektrické vlastnosti materiálu. Řadíme k nim odporové, kapacitní a polovodičové metody.

Odporové metody pak slouží spíše k měření velmi malých přetvoření. Měří se buďto odpor velmi tenkých drátků v odporovém tenzometru, jež je přilepený přímo na konstrukci. Tento odpor se mění se změnou délky drátků. Další možností je pak měření teplot platinovými články nebo diodami. Zde je odpor měřící soustavy vyvolán změnou teploty.

Kapacitní metody fungují na principu měření vlhkosti stavebních materiálů a jsou založeny na faktu, že voda v kapilárně porézním prostředí výrazně ovlivňuje permitivitu toho prostředí. Dvojce elektrod, ležících na spodní straně přístroje, tvoří měřící kondenzátor [14].



*Obr. 3-22 Přístroj na bázi kapacitního měření vlhkosti [29]*

### 3.3.7. Radiační metody

Radiační metody fungující na principu zeslabení ionizujícího záření v materiálu a moderaci rychlých neutronů na jádrech vodíku. K těmto metodám řadíme radiografické a radiometrické metody. Radiační metody také zahrnují měření přírodní radioaktivity a radonu v objektech [14].

Radiografická metoda funguje na principu prozáření konstrukce zářením gama ze zdroje Co60 a následného oslabení záření při průchodu konstrukcí v závislosti na objemové hmotnosti materiálu. Na základě velkých rozdílů objemové hmotnosti betonu a oceli je umožněno na radiografickém filmu, či paměťové fólii zobrazit vyztužení prvku a určit tak přesnou polohu výztuže a její průměr.

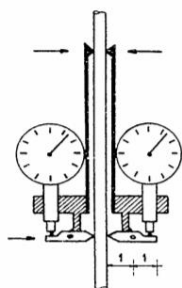
Zkušenosti ukázaly, že tato metoda byla ideálním prostředkem, jak prokázat vyztužení prvků železobetonových konstrukcí. Výsledky měření byly při správné aplikaci přesné a díky vizualizaci také velmi dobře dokumentovatelné.

Zásadní nevýhodou této metody je použití gama zářiče vysoké aktivity. Je nutné vytyčit a zajistit v místě prozařování přechodné kontrolované pásmo se všemi náležitostmi a dle daných předpisů tak, aby bylo ochráněno zdraví před ionizujícím zářením. V praxi to tak znamená to, že pro aplikaci radiografických metod na konstrukci je naprosto nezbytné v okolí konstrukce zcela zamezit pohyb osob na celou dobu prozařování. Současná doba sebou navíc nese obecně přísnější opatření pro ochranu zdraví pracovníků a uživatelů objektů. Radikálně se tak zpřísnily i předpisy, které slouží k ochraně osob před účinky ionizujícího záření, včetně záření gama. Ačkoliv je tak radiografie velmi efektivní metodou pro detekci výztuže v železobetonové konstrukci, v současné době je její provádění v terénu spojeno s obrovským množstvím bezpečnostních, administrativních opatření a finančními náklady. Proto je dnes využití této metody v diagnostické praxi z praktického i finančního hlediska velmi těžko realizovatelné [23].

### 3.3.8. Tenzometrické metody

Metoda, která slouží k měření relativních deformací ve zvoleném místě na konstrukci. U měření jde o určení relativního pohybu vymezené části konstrukce, jedná se tedy o detekci změny měrné délky a o její přírůstek, či úbytek, vyvolaný změnou zatížení nebo účinků prostředí. Měrná délka tenzometrů je volena s ohledem na konstrukci tenzometru a konkrétní situaci šetřené konstrukce. Pro homogenní materiály, jakou jsou například kovy, je hodné používat měrnou délku 3-10 mm a u materiálů nehomogenních, jako je beton a dřevo, je nutné použít větší měrné délky, obvykle 50-200 mm. Výsledkem měření je relativní deformace, která se může udávat buďto v  $\mu\text{m}/\text{m}$ , procentech nebo promilách, či bezrozměrně. V praxi se pak nejvíce využívají mechanické, strunové a elektrické tenzometry odporové.

Mechanické tenzometry jsou konstruovány buďto pro přímé měření poměrné deformace pomocí indikátorových hodinek, nebo obsahují pákové zvětšení pohybu pro zvýšení citlivosti především u menších měrných délek. Místo těchto indikátorových hodinek lze však u většiny mechanických tenzometrů použít elektrické snímače posunutí. Ty pak mohou být v provedení příložných tenzometrů, takzvaných extenzometrů, u kterých je provedení tvořeno spojením vhodného mechanického řešení pohybu jednoho vymezovacího břitu proti druhému a následnému převodu relativního pohybu na elektrický signál. Dalším provedením jsou tenzometry kontaktní, které dávají při relativně malých nákladech velmi přesné výsledky a mají velmi široké uplatnění. Tento typ tenzometru funguje na principu změny odporu snímače. Materiálem tohoto snímače může být kovový drátek, pásek, napařená vrstva nebo polovodičové vlákno. Nejčastěji jsou však vyráběny tenzometry kovové [24].



Obr. 3-23 Příložný tenzometr [31]



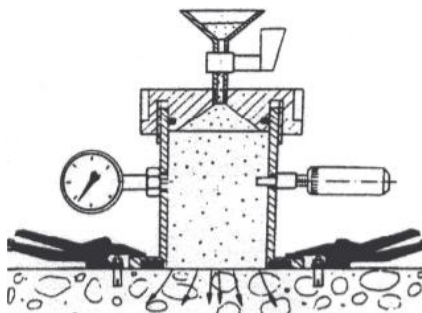
Obr. 3-24 Fóliový tenzometr Tenmex [32]

### 3.3.9. Trvanlivostní metody

Tyto metody bývají zpravidla urychlené, jelikož koncentrace působících látek bývá několikanásobně vyšší než-li je v běžném prostředí. Je však velmi náročné vyhodnotit tyto urychlené zkoušky objektivně.

Mezi trvanlivostní metody patří metoda stanovení propustnosti struktury konstrukce působením kapalin a plynů. Popisuje aktuální stav struktury materiálu dle výsledků propustností vody a plynů. Stanovení propustnosti struktury materiálu pro vodu je

umožněno sledováním pohlcení daného objemu betonu mírně tlakovou vodou. Lze z nich odvodit, zda obsahuje pórový systém vodu, vodní páry nebo zda je suchý [14].



Obr. 3-25 Schéma přístroje GWT pro stanovení propustnosti vody [18]

Mezi další trvanlivostní metody patří například zkoušení mrazuvzdornosti konstrukce, které spočívá ve střídání teplot pod bodem mrazu, většinou kolem  $-20^{\circ}\text{C}$  a následném vložení zkušebního tělesa do vody o teplotě  $+20^{\circ}\text{C}$ . Další jsou pak zkoušky odolnosti betonu vůči působení vody a chemických rozmrazovacích látek, které probíhají za cyklického střídání kladných a záporných teplot a vyhodnocují se měřením odpadu betonu od jednotky plochy betonu a povrch zkoušeného tělesa se také hodnotí vizuálně. Dále existují trvanlivostní zkoušky nasákavosti a vzlínavosti betonu, jenž vypovídají o pórovitosti betonu a usnadňují pochopení transportu vody strukturou betonu. Pak také zkoušky sorbčních vlastností betonu, které zjišťují navlhavost a vysychavost vzorku, nebo zkoušky průsaku tlakovou vodou konstrukce, kdy na povrch zkušební krychle působí voda pod tlakem 500 kPa po dobu 72 hodin [14].

### 3.4. Semidestruktivní metody zkoušení

Semidestruktivní zkoušky vedou k částečnému poškození konstrukce a to buďto vývrty, zbroušením, nebo odtrhy dle způsobu provádění zkoušky. Je nutno velmi pečlivě volit kontrolní místa, kde budeme tyto zkoušky na konstrukci provádět, aby se zamezilo nepříznivému omezení únosnosti nebo stability konstrukce [14].

#### 3.4.1. Jádrové vrtání

Patří mezi ně jádrové vývrty, které se odebírají ke stanovení vlastností staviva v době průzkumu konstrukce. Provádějí se vrtačkou se speciálně dutými válci, které jsou opatřené diamantovými břity na spodní straně vrtáku, které jsou většinou ochlazovány vodou. Je potřeba vrtat přesně svisle nebo vodorovně, případně v daném sklonu a proto je vrtačka držena v držátku. Průměry vrtáků na betonové konstrukce se používají 25, 50, 100 a 150 mm, výjimečně pak mezilehlé průměry. Vývrt se poté na pile s diamantovým kotoučem uřízne na požadovanou délku a obě plochy se jemně zbrousí tak, ať jsou rovnoběžné. Poté se na takovémto vzorku provádí různé další zkoušky. Jádrové vývrty jsou důležité pro upřesnění hodnot nedestruktivních zkoušek, například odrazových zkoušek tvrdosti [14].

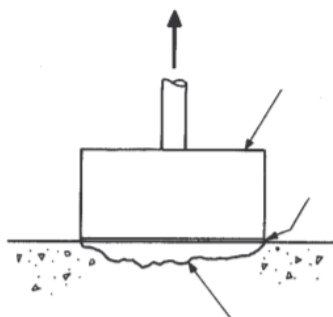


Obr. 3-26 Jádrová vrtání [33]

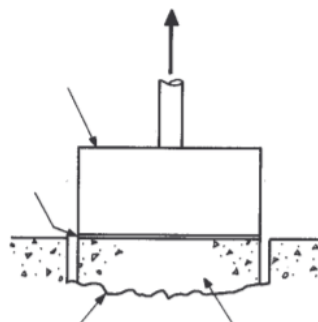
Obr. 3-27 Jádrové vrtání větších  $\varnothing$  [33]

### 3.4.2. Odtrhové zkoušky

Dalším typem jsou odtrhové zkoušky, které slouží ke stanovení přídržnosti povrchových vrstev k nosnému podkladu, nebo na zjištění tahové pevnosti jak povrchových, tak podpovrchových vrstev betonu. Dle požadavků na zkoušku lze provést odtrhy i do značných hloubek od povrchu. Provádějí se nalepením ocelového terče pomocí kvalitního, většinou epoxidovaného lepidla na upravený povrch betonu. Poté se jádrovým vrtákem navrtá beton do požadované hloubky a terč se uchyť do trhačského přístroje. Po zatvrdnutí lepidla se trhačkou provede zkouška [14].



Obr. 3-28 Odtrhová zkouška omítky [18]



Obr. 3-29 Odtrhová zkouška betonu [18]

## 3.5. Nejčastější vady předpjatých mostních konstrukcí

Největším problémem předpínací výztuže ze zušlechtěné oceli je vznik koroze výztuže. Havárie některých mostních objektů z nedávné doby, spojené s korozí výztuže otevřely otázku spolehlivosti a životnosti předpjatých konstrukcí. Všechny přitom měly společný vysoce problematický přístup k antikorozi ochraně použité u předpínací výztuže, problematický návrh z hlediska množství spár, nebo vysoký potenciál spár a trhlin, kterými se mohla voda s chloridy dostat k výztuži a iniciovat její korozi [25].

### 3.5.1. Koroze výztuže

Měřením elektrodového potenciálu a jeho změn na povrchu betonu jsme schopni nedestruktivní metodou objevit korodující výztuž. Kontakt elektrolytu na výztuži se zajistí obnažením části výztuže a využije se skutečnosti, že je plocha výztuže v železobetonovém



prvku vodivě spojitá. Tento elektrodový potenciál výztuže je ukazovatelem korozní aktivity v betonu. Ukazuje, zda je výztuž v termodynamicky aktivním nebo pasivní stavu a při použití kalomelové elektrody se udávají hodnoty při kterých s 90% pravděpodobností určíme, zda koroze probíhá, či nikoliv.

- $\geq -200$  mV; koroze neprobíhá
- $-200$  až  $-350$  mV; korozi nelze určit
- $\leq (-350)$  mV; koroze probíhá

Hodnotu elektrodového potenciálu ovlivňuje například stupeň hydratace, karbonatace betonu, vlhkost a obsah soli a mohou významně zkreslit naměřené hodnoty. Proto se také doporučuje ověřit měřené výsledky pomocí kontrolní sondy, tedy obnažením výztuže od její krycí vrstvy betonu [15].



Obr. 3-30 Endoskopická fotografie stavu výztuže, Praha – Troja [34]



Obr. 3-31 Zkorodovaná předp. výztuž, Praha – Troja [34]

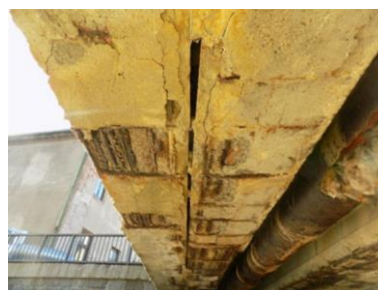
### 3.5.2. Ztráta krycí vrstvy výztuže

Výztuž může po čase ztratit svou ochrannou krycí vrstvu betonu díky působení povětrnostních nebo mechanických vlivů, nadměrnému zatížení či třeba působením agresivních látek. To může dále vést k degradaci a korozi výztuže, či ztrátě soudržnosti a spolupůsobení výztuže s betonem [15].

U starších konstrukcí přitom byla protikorozní ochrana zajištěna z velké části pouze alkalickým působením obetonování a nebo cementovou injektáží v kanálcích [25].



Obr. 3-32 Porušení krycí vrstvy konstrukce podélnou trhlinou, Chomutov [35]



Obr. 3-33 Nosná konstrukce s odpadající krycí vrstvou betonu, Chomutov [35]

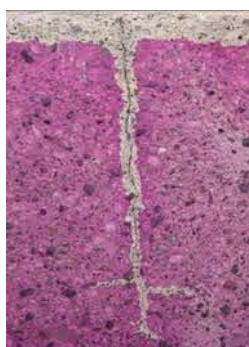
Ke zjištění nejen krytí, ale také polohy, směru, průměru a osově vzdálenosti výztuže v betonu se používají nedestruktivní metody založené například na principu měření změn velikosti magnetického toku nebo metody destruktivní, tedy obnažením výztuže [15].

### 3.5.3. Karbonatace betonu

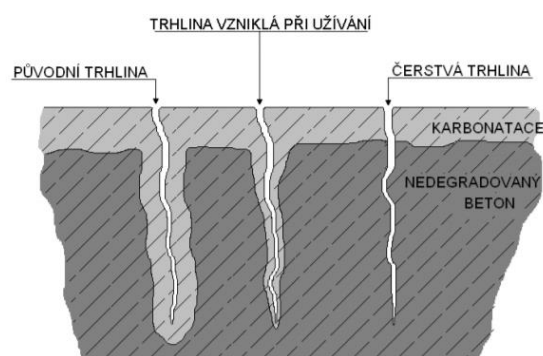
Karbonatace betonu je chemický proces v jehož důsledku dochází ke korozi ocelové výztuže působením vody a kyslíku. Na rozhraní ocelové výztuže a čerstvě zatuhlého betonu je slabá vrstva oxidů železa jenž zaručuje nepropustnost. Tuto vrstvu chrání krycí vrstva výztuže, která má vysoké pH. V průběhu času se však do betonu společně se vzduchem dostává oxid uhličitý, který reaguje s portlanditem obsaženým v betonu. Portlandit se následně rozkládá a ubývá, čímž se snižuje pH krycí vrstvy výztuže. Jakmile se sníží pH pod hodnotu 9, oxidy železa mezi výztuží a krycí vrstvou se začínají rozpadat a k výztuži se tak dostává voda společně s kyslíkem a výztuž začíná korodovat. Karbonatace betonu je tedy projevem stárnutí betonu, jenž je soustavně napadán oxidem uhličitým z ovzduší, který bývá například v průmyslových oblastech značně zvýšen [26].

Pokud je beton kompaktní a bez trhlin, pronikají molekuly oxidu uhličitého do povrchu rovnoměrně a zkarbonatované čelo kopíruje povrch betonu. Vyskytují-li se však v betonu trhliny, stávají se oslabeným místem, kterým mohou do struktury betonu z vnějšího prostředí intenzivně pronikat plyny a vytvořit tak podmínky pro rozvoj karbonatace [27].

Ke stanovení hloubky karbonatační vrstvy betonu se nejčastěji používá metoda pomocí fenofaleinu. Měření se provádí 1% roztokem fenofaleinu, případně 10% kyselinou chlorovodíkovou. Zbarví-li se plocha betonu při reakci s roztokem fenofaleinu do červeno-fialova, má hodnotu  $\text{pH} > 9,5$  a je tedy nezasažena karbonatací. Pokud však ke zbarvení povrchu u vzorku nedochází, hodnota  $\text{pH}$  klesla pod 9,5 a oblast je nebezpečná z hlediska ochrany betonářské výztuže. Tato zkouška může být provedena v laboratoři, či přímo na staveništi [28].



Obr. 3-34 Vzorek zabarvený roztokem fenofaleinu [19]



Obr. 3-35 Obr. 1-5 Míra a tvar čela karbonatace v závislosti na stáří trhin [39]



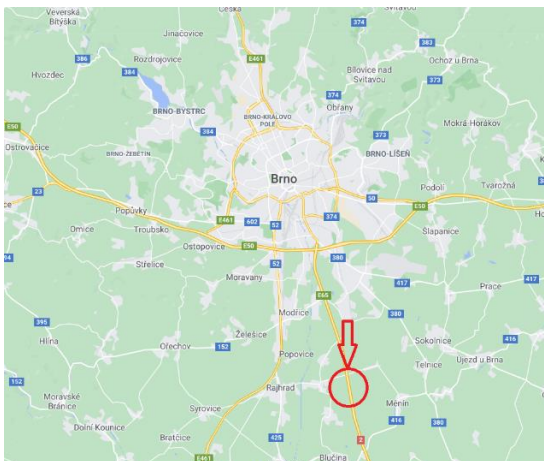
## 4. Praktická část

Tato část bakalářské práce je zaměřená na provádění stavebně-technického průzkumu dálničního mostu přes řeku Dunávku. Základní informace o objektu byly použity z mostního listu a na základě hlavní prohlídky mostu.

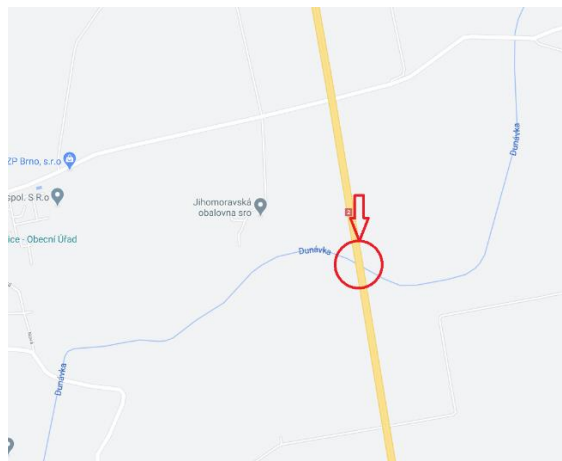
Předmětem provedení stavebně technického průzkumu mostního objektu bude prokázat kvalitu betonu pomocí jádrových vývrtů s upřesněním nedestruktivní metodou pomocí Schmidtova tvrdoměru typu N na nosné konstrukci a spodní stavbě. Také se bude zabývat ověřením aktuálního stavu předpínací a betonářské výztuže nosné konstrukce a spodní stavby, na nichž budou rovněž provedeny odtrhové zkoušky a bude stanovena hloubka karbonatce betonu.

### 4.1. Základní informace a poloha zjišťovaného mostního objektu

Sledovaný mostní objekt s evidenčním číslem D2-012..2 se nachází v okrese Brno-venkov a jedná se o dálniční most přes řeku Dunávku. Převádí komunikaci číslo D2 ve staničení 7,904 km ve směru Bratislava [29], [30].



Obr. 4-1 Polohopis zkoumaného mostního objektu na komunikaci č. D2 [42]



Obr. 4-2 Přiblížený polohopis zkoumaného mostního objektu na komunikaci č. D2 [42]

Evidenční číslo mostu:	D2-012..2
Název mostu:	Dálniční most přes řeku Dunávku
Místní název:	021 / 218
Předmět přemostění:	Vodoteč (stálý průtok)
Převáděná komunikace:	Dálnice / D2
Staničení:	7,904 km
Rok postavení:	1976
Kraj:	Jihomoravský
Okres:	Brno – venkov

Správce mostu:	ŘSD ČR, PÚ GŘ ŘSD – Správa dálnice Morava SSÚD 6 Brno – Chrlice
Celkový počet polí:	1
Délka přemostění:	16,09 m
Délka nosné konstrukce:	18,00 m
Šikmost:	Levá 55,30 g
Volná šířka:	11,75 m
Celková šířka mostu:	14,08 m
Plocha mostu:	253.44 m <sup>2</sup>
Souřadnice mostu:	S-JTSK: X: -595854 Y: -1172642 WGS: 49,091038 °N 16,656921 °E
Výška mostu nad terénem:	5,58 m
Výška NK nad hladinou vody:	2,93 m

## 4.2. Popis jednotlivých částí mostního objektu

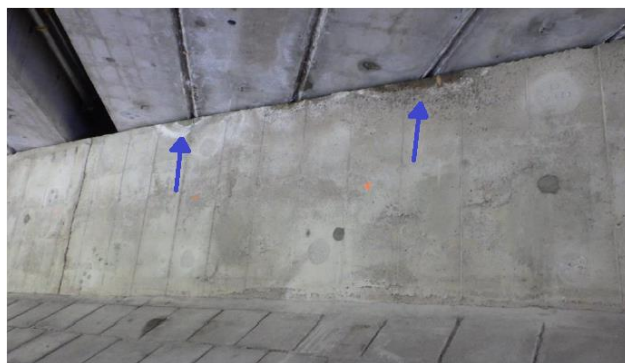
### 4.2.1. Mostní opěry a křídla

Základ mostních opěr a křídel tvoří železobetonový práh na vrtaných pilotách. Opěry jsou masivní, železobetonové o délce 18,24 m, výšce 2,50 m a šířce 1,50 m. U obou jsou rovněž přechodové desky.

Při hlavní prohlídce bylo zjištěno, že jsou boční strany opěr potrhane a místy rozpadlé s korozivními výluhy [30], [29].



Obr. 4-3 Pohled na opěru OP2



Obr. 4-4 Viditelné zatékání na opěru OP1

### 4.2.2. Nosná konstrukce

Nosná konstrukce o jednom poli má šikmou světlost 16,09 m, kolmou světlost 12,28 m a konstrukční výšku 0,85 m při rozpětí 17,40 m. Nosná konstrukce je tvořena třinácti prefabrikovanými kusy nosníku typu KA-67 z předpjatého betonu a železobetonu. Staticky

působí jako prostý deskový trám. Nosná konstrukce je uložena na opěry pomocí vrubových kloubů.

Dle hlavní prohlídky jsou mezi spárami krajních nosníků stopy po zatékání. Stejně tak jsou stopy po zatékání na konci všech nosníků. Zpráva z hlavní prohlídky mostu rovněž poukazuje na rozpadlý stav uložení [30], [29].



Obr. 4-5 Pohled na nosnou konstrukci



Obr. 4-6 Krápníky mezi jednotlivými nosníky nosné konstrukce

#### 4.2.3. Mostní závěry

Na mostním objektu se nachází podpovrchový mostní závěr ve formě žlábků z měděného plechu nastřeleného do betonu při opravě mostu. Na vozovce byly provedeny řezané spáry hloubky 60 mm a šířky 20 mm, jenž byly zatěsněny modifikovanou pružnou zálivkou [30], [29].



Obr. 4-7 Mostní závěr nad opěrou OP1



Obr. 4-8 Mostní závěr nad opěrou OP2

#### 4.2.4. Vozovka

Byla provedena nová ohrusná vrstva z asfaltového koberce mastixového, modifikovaného s posypem předobaleným kamenivem frakce 2/4 – SMA 11S PMB 45/80-65 v tloušťce 40 mm. Odvodňovací proužek se nachází u vnější římsy, šířka mezi obrubami je 0,30 m.

U hlavní prohlídky nebyly zjištěny žádné viditelné poruchy svršku vozovky [30], [29].

#### 4.2.5. Římsy

Železobetonová vnější římsa z prefabrikovaného betonu B400 s použitými římsovými tvárnicemi RT 11 (DSO – 103/50). Vnější římsa je z monolitického železobetonu B330. Při opravě mostu v roce 1986 byla římsa upravena z důvodu provedení nové celoplošné mostní izolace, která je přetažena k hornímu povrchu římsy a chráněna litým asfaltem v tloušťce 30 mm. Podélné spáry mezi obrubou římsy a novou obrusnou vrstvou vozovky byly zatěsněny a opatřeny modifikovanou pružnou zálivkou.

Dle hlavní prohlídky začínají obě římsy při svém povrchu degradovat [30], [29].



*Obr. 1-9 Boční pohled na římsu*



*Obr. 1-5 Pohled na římsu*

#### 4.2.6. Odvodnění mostu

Ocelový svařovaný odvodňovač 500/250, jenž je umístěn při vnější římse. Povrchová voda je k tomuto odvodňovači přiváděna žlábkem z modifikovaného litého asfaltu o šířce 300 m, zapuštěného 25 mm do konstrukce. Skluzy z betonových tvárnic pak zajišťují odvodnění před a za mostním objektem [30], [29].

#### 4.2.7. Vybavení mostu

Při vnější římse je osazeno ocelové zábradelní svodidlo typu ZSNH4 bez výplně, o délce 30,00 m, se sloupky upevněnými pomocí patních ocelových desek a ukončeno je náběhovými kusy madel. Na vnitřní římse je pak osazeno jednoduché mostní svodidlo typu NH4 o délce 20,00 m, jehož sloupky jsou do římsy zabetonovány a jsou doplněny výplní zalitou Plastonitem mezi sloupkem a manžetou z měděného plechu. Pod vnitřní římsou jsou zavěšeny dvě chráničky pro kabely. Most je také vybaven tabulkou s evidenčním číslem mostu a vlastním dopravním značením. Pod mostem se pak nachází dvojice prefabrikované betonové schodiště o šířce 0,75 m lemováno záhonovými obrubníky.

Hlavní prohlídka poukazuje na korozi obou zavěšených chrániček. Svodidla jsou dle zprávy bez viditelných poruch. Pod mostem, v místě styku s hladinou vody, došlo k rozvolnění dlažby a vyplavení jejího podsypu [30], [29].



Obr. 4-9 Celkový pohled na most z levé strany [40]

### 4.3. Aplikace diagnostických metod

#### 4.3.1. Jádrové vývrty

Jádrové vývrty byly odebrány pomocí vrtacích strojů HILTI DD 200 a HILTI DD 120 s jádrovými korunkami  $\varnothing$  100 mm a  $\varnothing$  65 mm. V průběhu vrtání byly diamantové korunky jádrových strojů chlazeny vodou. Ke konstrukci byly jádrové stroje ukotveny pomocí OMO hmoždinek do předvrtaného otvoru vidiovým vrtákem  $\varnothing$  20 mm nebo  $\varnothing$  25 mm. Po dokončení vývrtu a jeho případném očištění byla odběrová místa zmapována, vyfocena, změřena hloubka provedeného vrtu a byla popsána poloha vrtu. Po zdokumentování byly vývrty zapraveny sanačním materiálem s omezeným smršťováním.

Na spodní stavbě bylo celkem odebráno 6 jádrových vývrtů o  $\varnothing$  100 mm, ze kterých bylo vyrobeno 18 zkušebních těles, na kterých byla určena pevnost betonu v tlaku, objemová hmotnost a nasákavost betonu.

Z nosné konstrukce, tvořené nosníky KA-67, byly odebrány 4 jádrové vývrty  $\varnothing$  65 mm mimo osy trasování předpínacích drátů, ze kterých bylo vyrobeno 6 zkušebních těles pro určení pevnosti betonu v tlaku, objemové hmotnosti a nasákavosti betonu.

#### 4.3.2. Zkušební tělesa

Odebrané vzorky vývrtů byly laboratorních podmínkách nařezány na okružní pile, která je osazená diamantovým řezným kotoučem tak, aby byly v poměru průměru k výšce 1:1. Řezný kotouč je v průběhu řezání chlazen vodou. Po nařezání se vzorky nechaly v přirozených laboratorních podmínkách vysušit. Následně byly vzorky měřeny s přesností minimálně 0,1 mm a váženy s přesností minimálně 0,1 g. Po důkladném změření byly vzorky podrobeny zkoušce v tlaku v hydraulickém lisu Form+Test, jehož zatěžovací rychlost odpovídá přírůstku 0,6 MPa/s.

#### 4.3.3. Karbonatace betonu

Po vyjmutí vývrtů z konstrukce byl proveden test karbonatace. Karbonatace betonu byla zjišťována metodou za pomoci 1% roztoku fenoftaleinu. Na základě stavu zbarvení povrchu betonu bylo zjištěno, zda se pH pohybuje nad, či pod hranicí 9,5 a zda je tak beton



napaden karbonatací. Při hodnotě pH vyšší než 9,5 se povrch betonu zbarví do fialova a indikuje tak, že není napaden karbonatací. Pokud je beton napaden karbonatací, svou barvu po aplikaci 1% roztoku fenoftaleinu nemění.

#### 4.3.4. Povrchová přídržnost betonu

Zkouška přídržnosti betonu byla provedena tzv. odtrhovou zkouškou, u které je nezbytné splnit několik požadavků. Zkoušené místo proto bylo vybroušeno na povrch struktury betonu o dostatečné velikost, která umožnila správné osazení zkušební terče a vlastního zkušebního zařízení. Následně bylo zkoušené místo zbaveno nečistot odmašťovacím přípravkem. Po takovémto připravení povrchu bylo provedeno proříznutí povrchové vrstvy jádrovým vrtákem o průměru odpovídajícímu průměru zkušební terče. Jakmile se povrch opět očistil, přilepil se na něj celoplošně zkušební terč, který byl vycentrován vůči návrtu. Bylo přitom dbáno na to, aby se lepidlo nedostalo do spár návrtu. Odtrhávání terče bylo definováno rovnoměrnou rychlostí nárůstu napětí a při odtržení se zaznamenala nejvyšší hodnota zatěžovací síly.

Naměřené hodnoty maximální zatěžovací síly  $F$  byly dle vztahu  $\sigma = F/A$  přepočítány na maximální napětí povrchové přídržnosti betonu  $\sigma_{1,2,3}$ . Z těchto hodnot byla následně aritmetickým průměrem určena povrchová přídržnost betonu pro dané zkušební místo  $\sigma_p$ . Z hodnot povrchové přídržnosti jednotlivých zkušebních míst pak byla rovněž aritmetickým průměrem určena hodnota výsledné povrchové přídržnosti betonu konstrukce  $\sigma_{celk}$ .

Na spodní stavbě bylo provedeno celkem 6 zkušebních míst odtrhových zkoušek, v jejichž rámci byly provedeny 3 odtrhové zkoušky.

Na nosné konstrukci bylo provedeno rovněž 6 zkušebních míst, každé o 3 odtrhových zkouškách.

#### 4.3.5. Stav předpínacích drátů a zainjektovanost kanálků

Pomocí georadaru HILTI PS 1000 a na základě údajů z výkresové dokumentace objektu byla zjištěna poloha ocelové chráničky kanálku. Poté byl proveden návrt vidiovou korunkou o  $\varnothing$  50 mm kolmo do povrchu betonu za účelem indikování ocelové chráničky mechanicky. Poté se sekanou sondou, tedy odstraněním krycí vrstvy betonu zkontroluje povrch chráničky. Následně byla v obnaženém místě chránička odstraněna a byla provedena kontrola přítomnosti injektážní hmoty. Ta byla rovněž odstraněna a předpínací dráty byly obnaženy tak, aby bylo možno zhodnotit jejich povrchový stav.

Celkem bylo provedeno 17 sond pro ověření stavu předpínacích drátů a zainjektovanosti kanálku, které byly po zdokumentování zapraveny sanačním materiálem s omezeným smršťováním.

#### 4.3.6. Typ, poloha a krytí betonářské výztuže

Pro ověření typu, stavu, polohy, osových vzdáleností a krytí betonářské výztuže byly využity elektromagnetické skenovací přístroje typu PROCEQ Profometr 6303 a PROCEQ

Profoscope. Jakmile byly nalezeny přibližné polohy výztuží, tak se za pomoci sekaných sond odstranily krycí vrstvy betonu, zjistila se přesná poloha výztuže, její krytí, typ a průměr prutu a byla rovněž zjištěna hloubka karbonatace betonu 1% roztokem fenoftaleinu.

Na obou sledovaných částech mostního objektu bylo provedeno 6 sekaných sond k betonářské výztuži, které byly po zdokumentování zapraveny sanačním materiálem s omezeným smršťováním.

#### 4.3.7. Zkouška pevnosti betonu Schmidtovým tvrdoměrem typu N

Povrch zkoušeného místa byl vybrušen úhlovou bruskou osazenou diamantovým brusným kotoučem do hladka až na strukturu betonu. Vlastní měření pevnosti betonu pak bylo provedeno za využití Schmidtova tvrdoměru typu N o energii 2,25 J. Na jednom zkušebním místě bylo provedeno 10 zkušebních odrazů tvrdoměrem. Vždy byla volena místa odrazů tak, aby bylo zabráněno zkresleným výsledkům při odrazu tvrdoměru od kameniva, tedy pouze v místech s cementovým tmelem.

Prefabrikované nosníky tvořící nosnou konstrukci byly podrobeny celkem 52 nedestruktivním zkouškám pomocí Schmidtova tvrdoměru typu N.

Spodní stavba pak byla podrobena celkem 42 nedestruktivním zkouškám pomocí Schmidtova tvrdoměru typu N. Zkušební místa zahrnovaly konstrukce opěr, úložných prahů a křídel, a byly rozmístěny rovnoměrně po konstrukcích.

Tyto zkoušky povrchové tvrdosti betonu vedly ke zpřesnění stejnoměrnosti zkoušeného betonu a jeho zařazení do pevnostní třídy.

## 4.4. Vyhodnocení a interpretace zkoušek na spodní stavbě

### 4.4.1. Jádrové vývrty

Tabulka 1: Jádrový vývrt VOP1

JÁDROVÝ VÝVRT VOP1	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Konstrukce:	Dřík opěry OP1
Průměr vývrtu:	100 mm
Výškové umístění vrtu:	1350 mm od horní hrany opěry OP1
Poloha vrtu:	3800 mm od boční hrany opěry OP1
Délka vývrtu:	450 mm
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Frakce kameniva:	Hrubá, max. 22 mm
Hloubka karbonatce:	35 – 40 mm
Míra zhutnění:	Dobrá
Struktura:	Bez kaveren, s ojedinělým výskytem póru a malých dutin do velikosti 3 mm, celkový stav dobrý
Zkušební tělesa:	Označení ZOP1 – 1,2,3



Foto č.1.1:  
Celkový pohled na sondu



Foto č.1.2:  
Hloubka provedení sondy



Foto č.1.3:  
Délka odebraného vzorku betonu



Foto č.1.4:  
Hloubka karbonatce betonu



Tabulka 2: Jádrový vývrt VÚP1

JÁDROVÝ VÝVRT VÚP1	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Konstrukce:	Úložný práh opěry OP1
Průměr vývrtu:	100 mm
Výškové umístění vrtu:	350 mm pod horní hranou úložného prahu
Poloha vrtu:	2900 mm od boční hrany opěry OP1
Délka vývrtu:	400 mm
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Frakce kameniva:	Hrubá, max. 22 mm
Hloubka karbonatice:	35 – 40 mm
Míra zhutnění:	Dobrá
Struktura:	Bez dutin a kaveren, s ojedinělým výskytem póru do velikosti 3 mm, celkový stav dobrý
Zkušební tělesa:	Označení ZÚP1 – 1,2,3



Foto č.1.5:  
Celkový pohled na sondu



Foto č.1.6:  
Hloubka provedení sondy



Foto č.1.7:  
Délka odebraného vzorku vývrtu



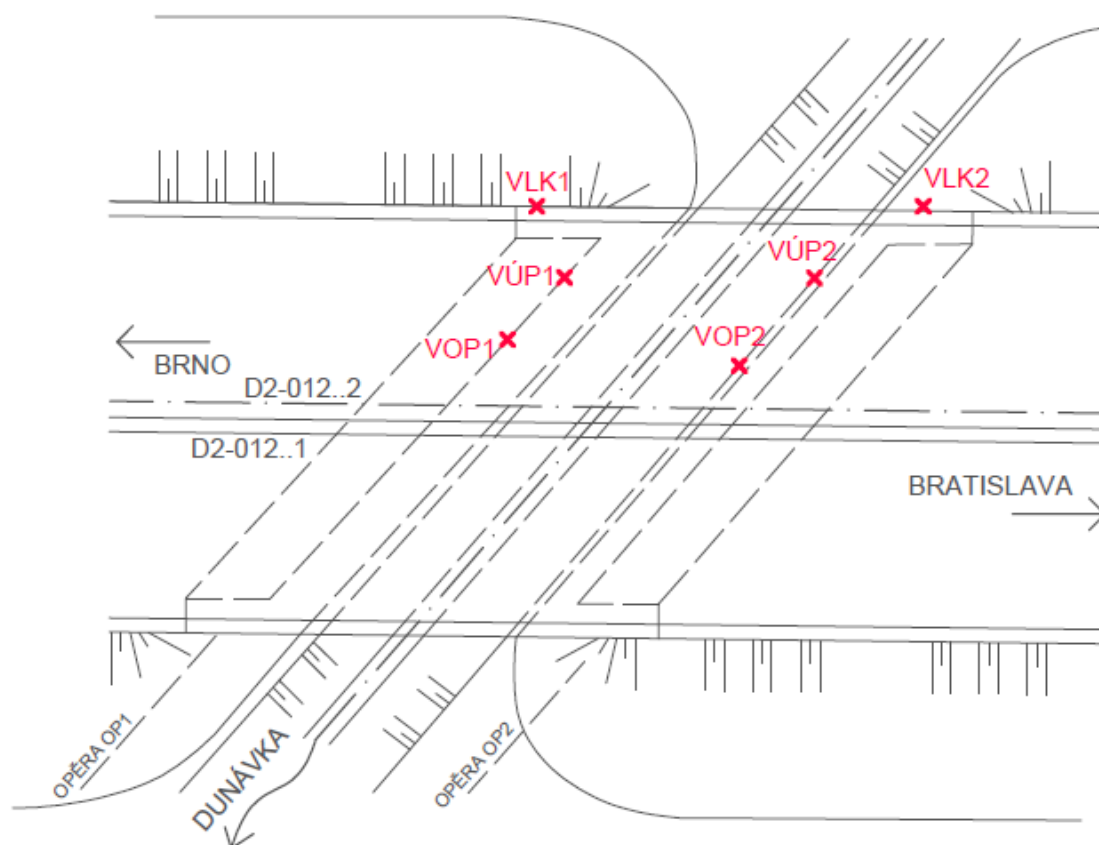
Foto č.1.8:  
Hloubka karbonatice betonu

Tabulka 3: Parametry ostatních jádrových vývrtů na spodní stavbě

JÁDROVÝ VÝVRT VLK1	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Konstrukce:	Levé křídlo opěry OP1
Průměr vývrtu:	100 mm
Výškové umístění vrtu:	760 mm pod horní hranou křídla
Poloha vrtu:	1600 mm od hrany čela opěry OP1
Délka vývrtu:	440 mm
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Frakce kameniva:	Hrubá, max. 22 mm
Hloubka karbonatace:	30 – 35 mm
Míra zhutnění:	Dobrá
Struktura:	Bez dutin a kaveren, s ojedinělým výskytem póru do velikosti 3 mm, celkový stav dobrý
Zkušební tělesa:	Označení ZLK1 – 1,2,3
JÁDROVÝ VÝVRT VOP2	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Konstrukce:	Čelo opěry OP2
Průměr vývrtu:	100 mm
Výškové umístění vrtu:	1700 od horní hrany opěry OP2
Poloha vrtu:	2000 mm od boční hrany opěry OP2
Délka vývrtu:	440 mm
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Frakce kameniva:	Hrubá, max. 22 mm
Hloubka karbonatace:	35 – 40 mm
Míra zhutnění:	Dobrá
Struktura:	Bez dutin a kaveren, s ojedinělým výskytem póru do velikosti 3 mm, celkový stav dobrý
Zkušební tělesa:	Označení ZOP2 – 1,2,3
JÁDROVÝ VÝVRT VÚP2	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Konstrukce:	Úložený práh opěry OP2
Průměr vývrtu:	100 mm
Výškové umístění vrtu:	270 mm pod horní hranou úložného práhu opěry OP2
Poloha vrtu:	2300 mm od hrany čela opěry OP2
Délka vývrtu:	450 mm
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Frakce kameniva:	Hrubá, max. 22 mm
Hloubka karbonatace:	35 – 40 mm
Míra zhutnění:	Dobrá
Struktura:	Bez dutin a kaveren, s ojedinělým výskytem póru do velikosti 3 mm, celkový stav dobrý
Zkušební tělesa:	Označení ZÚP2 – 1,2,3

Tabulka 4: Parametry ostatních jádrových vývrtů na spodní stavbě

JÁDROVÝ VÝVRT VLK2	
<b>TECHNICKÉ ÚDAJE</b>	
Konstrukce:	Levé křídlo opěry OP2
Průměr vývrtu:	100 mm
Výškové umístění vrtu:	900 mm pod horní hranou křídla
Poloha vrtu:	2200 mm od líce opěry OP2
Délka vývrtu:	445 mm
<b>SLEDOVANÉ ÚDAJE</b>	
Frakce kameniva:	Hrubá, max. 22 mm
Hloubka karbonátce:	35 – 40 mm
Míra zhutnění:	Dobrá
Struktura:	Bez dutin a kaveren, s ojedinělým výskytem póru do velikosti 3 mm, celkový stav dobrý
Zkušební tělesa:	Označení ZLK2 – 1,2,3



- ✗ VOP1,2 - OZNAČENÍ JÁDROVÝCH VÝVRTŮ NA DŘÍČÍCH OPĚR OP1 A OP2
- ✗ VLK1,2 - OZNAČENÍ JÁDROVÝCH VÝVRTŮ NA LEVÉM KŘIDLE OPĚR OP1 A OP2
- ✗ VÚP1,2 - OZNAČENÍ JÁDROVÝCH VÝVRTŮ NA ULOŽNÉM PRAHU OPĚR OP1 A OP2

Obr. 4-10 Zakreslení poloh prováděných jádrových vývrtů na spodní stavbě

## 4.4.2. Betonářská výztuž

Tabulka 5: Sekaná sonda S1

SEKANÁ SONDA S1	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Konstrukce:	Čelo opěry OP1
Účel sondy:	Ověření stavu betonářské výztuže
Poloha sondy:	5 000 mm do hrany opěry
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Průměr výztuže:	12 mm
Typ výztuže:	V – 10 425
Krytí výztuže:	50 mm
Koroze:	Povrchová
Karbonatace betonu:	70 mm



Foto č.2.1:  
Celkový pohled na sondu



Foto č.2.2:  
Pohled na stav betonářské výztuže



Foto č.2.3:  
Hloubka krytí betonářské výztuže



Foto č.2.4:  
Hloubka karbonatace betonu

Tabulka 6: Sekaná sonda S2

SEKANÁ SONDA S2	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Konstrukce:	Čelo opěry OP1
Účel sondy:	Ověření stavu betonářské výztuže
Poloha sondy:	11 000 mm do hrany opěry OP1
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Průměr výztuže:	12 mm
Typ výztuže:	V – 10 425
Krytí výztuže:	50 mm
Koroze:	Povrchová – velmi mírná
Karbonatace betonu:	45 mm



Foto č.2.5:  
Celkový pohled na sondu



Foto č.2.6:  
Pohled na stav betonářské výztuže



Foto č.2.7:  
Hloubka krytí betonářské výztuže

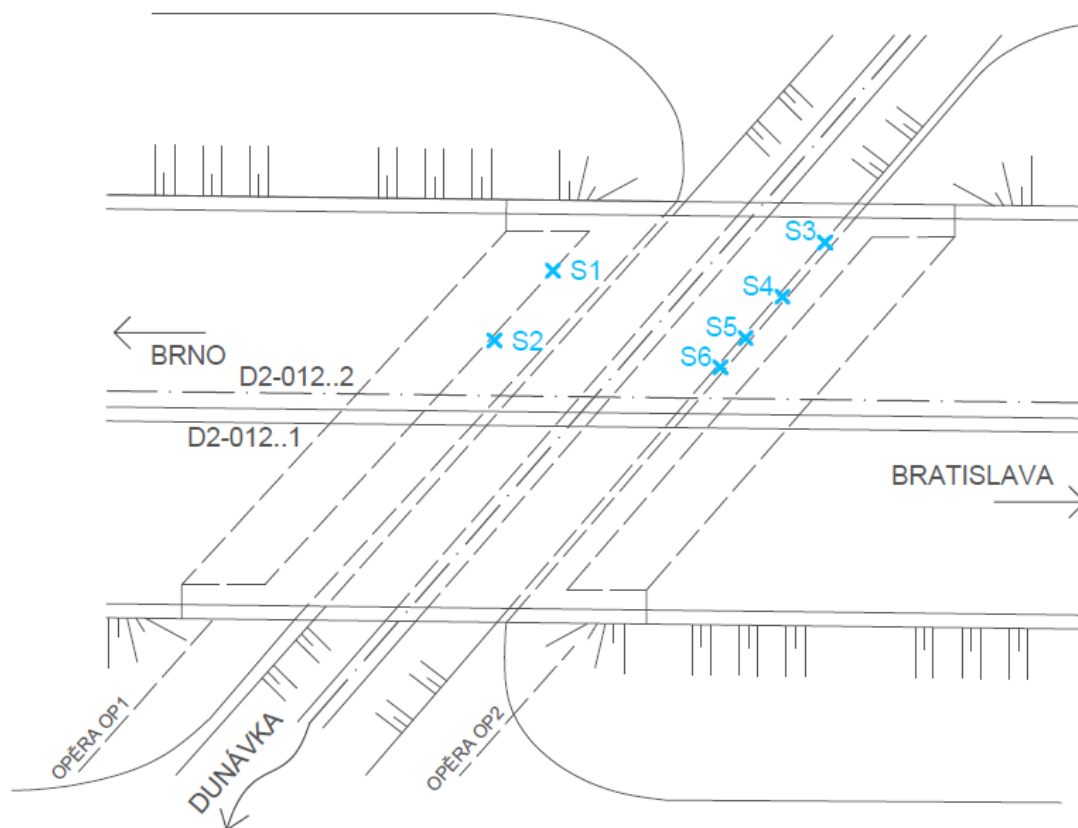


Foto č.2.8:  
Hloubka karbonatace betonu

Tabulka 7: Ostatní sekané sondy na spodní stavbě

SEKANÁ SONDA S3	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Konstrukce:	Čelo opěry OP1
Účel sondy:	Ověření stavu betonářské výztuže
Poloha sondy:	3 000 mm do hrany opěry
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Průměr výztuže:	12 mm
Typ výztuže:	V – 10 425
Krytí výztuže:	85 mm
Koroze:	Povrchová – velmi mírná
Karbonatace betonu:	50 mm
SEKANÁ SONDA S4	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Konstrukce:	Čelo opěry OP2
Účel sondy:	Ověření stavu betonářské výztuže
Poloha sondy:	9 000 mm do hrany opěry OP2
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Průměr výztuže:	12 mm
Typ výztuže:	V – 10 425
Krytí výztuže:	65 mm
Koroze:	Povrchová – velmi mírná
Karbonatace betonu:	40 mm
SEKANÁ SONDA S5	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Konstrukce:	Čelo opěry OP2
Účel sondy:	Ověření stavu betonářské výztuže
Poloha sondy:	13 000 mm do hrany opěry OP2
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Průměr výztuže:	12 mm
Typ výztuže:	V – 10 425
Krytí výztuže:	65 mm
Koroze:	Povrchová – velmi mírná
Karbonatace betonu:	40 mm
SEKANÁ SONDA S6	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Konstrukce:	Čelo opěry OP2
Účel sondy:	Ověření stavu betonářské výztuže
Poloha sondy:	17 000 mm do hrany opěry OP2
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Průměr výztuže:	12 mm
Typ výztuže:	V – 10 425
Krytí výztuže:	30 mm
Koroze:	Povrchová – mírná
Karbonatace betonu:	30 – 40 mm





× S1~6 - OZNAČENÍ SEKANÝCH SOND K BETONÁŘSKÉ VÝZTUŽI

Obr. 4-11 Zakreslení poloh prováděných sekaných sond na spodní stavbě

### 4.4.3. Povrchová přídržnost betonu

Tabulka 8: Odtrhová zkouška OSS1

ODTRHOVÁ ZKOUŠKA OSS1	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Průměr zkušebního terče:	D = 50 mm
Poloha odtrhové zkoušky:	Křídlo opěry OP1
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Naměřená zatěžovací síla:	F = [3,09; 2,9; 2,41] kN
Povrchová přídržnost betonu:	$\sigma$ = [1,57; 1,48; 1,23] MPa
Výsledná povrchová přídržnost:	$\sigma_p$ = 1,43 MPa
Způsob poruchy při dosažení maximální zatěžovací síly:	Porucha v podkladu u všech tří terčů



Foto č.3.1:  
Pohled na osazené zkušební terče



Foto č.3.2:  
Pohled na zkušební místo po odtrhu terčů

Tabulka 9: Odtrhová zkouška OSS2

ODTRHOVÁ ZKOUŠKA OSS2	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Průměr zkušebního terče:	D = 50 mm
Poloha odtrhové zkoušky:	Opěra OP1
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Naměřená zatěžovací síla:	F = [1,59; 1,88; 1,61] kN
Povrchová přídržnost betonu:	$\sigma$ = [0,81; 0,96; 0,82] MPa
Výsledná povrchová přídržnost:	$\sigma_p$ = 0,86 MPa
Způsob poruchy při dosažení maximální zatěžovací síly:	Porucha v podkladu u všech tří terčů



Foto č.3.3:  
Pohled na osazené zkušební terče

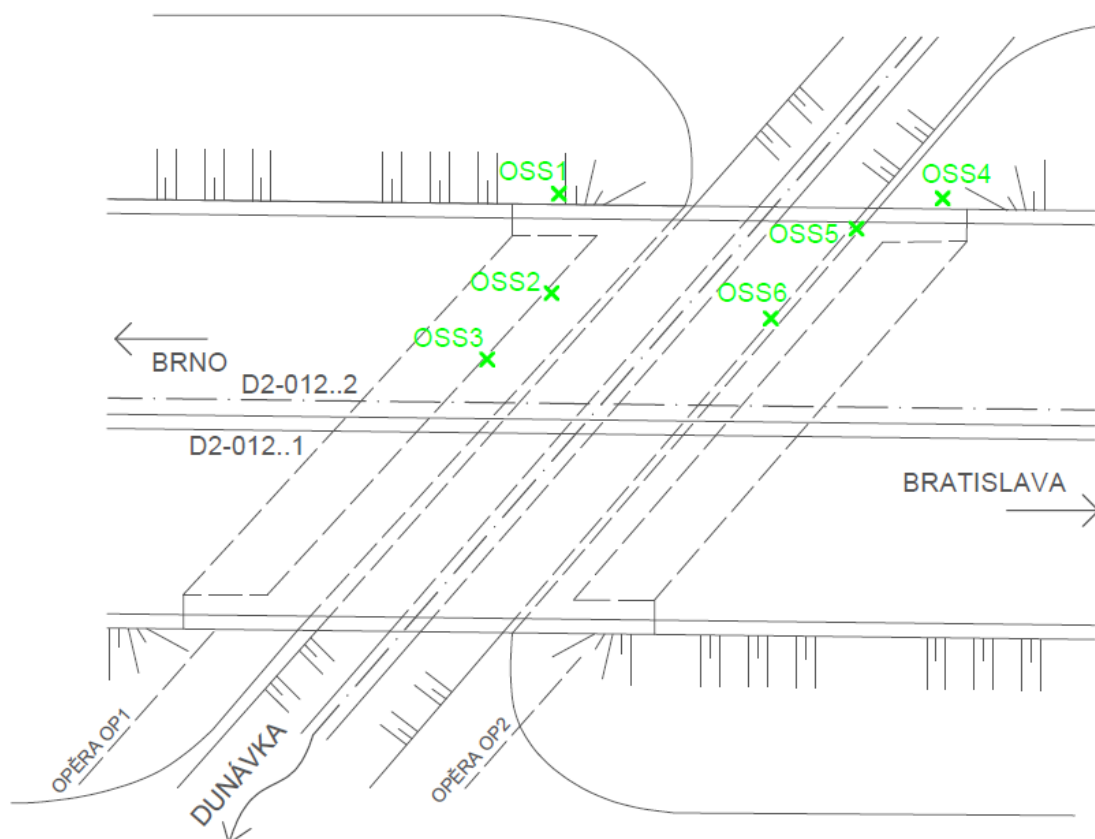


Foto č.3.4:  
Pohled na zkušební místo po odtrhu terčů



Tabulka 10: Ostatní odtrhové zkoušky na spodní stavbě

ODTRHOVÁ ZKOUŠKA OSS3	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Průměr zkušebního terče:	D = 50 mm
Poloha odtrhové zkoušky:	Opěra OP1
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Naměřená zatěžovací síla:	F = [2,46; 1,69; 3,06] kN
Povrchová přídržnost betonu:	$\sigma$ = [1,25; 0,86; 1,56] MPa
Výsledná povrchová přídržnost:	$\sigma_p$ = 1,22 MPa
Způsob poruchy při dosažení maximální zatěžovací síly:	Porucha v podkladu u všech tří terčů
ODTRHOVÁ ZKOUŠKA OSS4	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Průměr zkušebního terče:	D = 50 mm
Poloha odtrhové zkoušky:	Křídlo u opěry OP2
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Naměřená zatěžovací síla:	F = [4,58; 2,56; 3,7] kN
Povrchová přídržnost betonu:	$\sigma$ = [2,33; 1,30; 1,88] MPa
Výsledná povrchová přídržnost:	$\sigma_p$ = 1,84 MPa
Způsob poruchy při dosažení maximální zatěžovací síly:	Porucha v podkladu u všech tří terčů
ODTRHOVÁ ZKOUŠKA OSS5	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Průměr zkušebního terče:	D = 50 mm
Poloha odtrhové zkoušky:	Opěra OP2
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Naměřená zatěžovací síla:	F = [2,35; 2,43; 2,05] kN
Povrchová přídržnost betonu:	$\sigma$ = [1,20; 1,24; 1,04] MPa
Výsledná povrchová přídržnost:	$\sigma_p$ = 1,16 MPa
Způsob poruchy při dosažení maximální zatěžovací síly:	Porucha v podkladu u všech tří terčů
ODTRHOVÁ ZKOUŠKA OSS6	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Průměr zkušebního terče:	D = 50 mm
Poloha odtrhové zkoušky:	Opěra OP2
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Naměřená zatěžovací síla:	F = [2,31; 2,57; 3,29] kN
Povrchová přídržnost betonu:	$\sigma$ = [1,18; 1,31; 1,68] MPa
Výsledná povrchová přídržnost:	$\sigma_p$ = 1,39 MPa
Způsob poruchy při dosažení maximální zatěžovací síly:	Porucha v podkladu u všech tří terčů



✕ OSS1~4 - OZNAČENÍ ODRHOVÝCH ZKOUŠEK

Obr. 4-12 Zakreslení poloh prováděných odtrhových zkoušek na spodní stavbě

Tabulka 11: Výsledky všech odtrhových zkoušek na spodní stavbě

	OSS1	OSS2	OSS3	OSS4	OSS5	OSS6
$\sigma_1$ [Mpa]	1,57	0,81	1,25	2,33	1,20	1,18
$\sigma_2$ [Mpa]	1,48	0,96	0,86	1,30	1,24	1,31
$\sigma_3$ [Mpa]	1,23	0,82	1,56	1,88	1,04	1,68
$\sigma_p$ [Mpa]	1,43	0,86	1,22	1,84	1,16	1,39
$\sigma_{celk}$ [Mpa]	1,32					

## 4.4.4. Odrazy tvrdoměru

Tabulka 12: Výsledky všech odrazů tvrdoměru na spodní stavbě

Zkuš. místo	Směr	Hodnota provedeního odrazu										η <sub>plat</sub>	f <sub>be,i</sub> [MPa]	α <sub>t</sub> [-]	α <sub>w</sub> [-]	α [-]	f <sub>b,i</sub> [MPa]
		Pevnost v tlaku příslušného odrazu															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
1	→	28	28	31	30	30	31	29	30	28	30	10	23,1	0,90	1,00	1,30	27,0
		21	21	25	24	24	25	22	24	21	24						
2	→	30	33	29	33	30	34	33	35	35	33	9	28,2	0,90	1,00	1,30	33,0
		24	28	-	28	24	30	28	32	32	28						
3	→	42	40	37	35	40	38	34	35	40	41	10	37,5	0,90	1,00	1,30	43,
		44	41	35	32	41	37	30	32	41	42						
4	→	42	40	37	35	40	38	34	35	40	41	10	37,5	0,90	1,00	1,30	43,9
		44	41	35	32	41	37	30	32	41	42						
5	→	38	36	37	35	33	32	37	32	33	35	10	31,4	0,90	1,00	1,30	36,7
		37	33	35	32	28	27	35	27	28	32						
6	→	38	32	33	37	32	32	32	30	33	35	9	28,3	0,90	1,00	1,30	33,2
		-	27	28	35	27	27	27	24	28	32						
7	→	30	31	35	35	29	34	33	31	30	33	10	27,0	0,90	1,00	1,30	31,6
		24	25	32	32	22	30	28	25	24	28						
8	→	30	32	35	33	34	38	29	33	30	31	8	27,3	0,90	1,00	1,30	31,9
		24	27	32	28	30	-	-	28	24	25						
9	→	29	32	33	34	36	35	34	30	35	33	9	29,3	0,90	1,00	1,30	34,3
		-	27	28	30	33	32	30	24	32	28						
10	→	31	34	33	30	33	37	36	35	33	39	8	29,9	0,90	1,00	1,30	35,0
		25	30	28	-	28	35	33	32	28	-						
11	→	30	28	30	32	32	33	28	27	30	29	10	23,7	0,90	1,00	1,30	27,7
		24	21	24	27	27	28	21	19	24	22						
12	→	28	32	30	31	33	30	29	31	30	32	10	24,7	0,90	1,00	1,30	28,9
		21	27	24	25	28	24	22	25	24	27						
13	→	34	30	32	33	30	38	34	36	33	37	9	28,8	0,90	1,00	1,30	33,7
		30	24	27	28	24	-	30	33	28	35						
14	→	30	32	35	33	32	36	33	34	30	33	10	28,1	0,90	1,00	1,30	32,9
		24	27	32	28	27	33	28	30	24	28						
15	→	30	32	29	28	30	29	30	31	30	26	9	23,7	0,90	1,00	1,30	27,7
		24	27	22	21	24	22	24	25	24	-						
16	→	32	40	35	30	30	30	31	32	30	33	9	26,1	0,90	1,00	1,30	30,6
		27	-	32	24	24	24	25	27	24	28						
17	→	30	30	34	30	32	28	28	29	32	27	8	23,8	0,90	1,00	1,30	27,8
		24	24	-	24	27	21	21	22	27	-						
18	→	36	38	33	33	34	32	32	30	33	32	9	28,0	0,90	1,00	1,30	32,8
		33	-	28	28	30	27	27	24	28	27						
19	→	35	37	30	32	33	34	30	29	30	28	8	26,4	0,90	1,00	1,30	30,9
		32	-	24	27	28	30	24	22	24	-						
20	→	30	35	33	30	32	29	31	32	30	29	9	24,8	0,90	1,00	1,30	29,0
		24	-	28	24	27	22	25	27	24	22						
21	→	30	27	31	29	32	30	30	29	30	29	10	23,3	0,90	1,00	1,30	27,3
		24	19	25	22	27	24	24	22	24	22						
22	→	32	35	33	33	34	30	32	30	35	32	10	27,9	0,90	1,00	1,30	32,6
		27	32	28	28	30	24	27	24	32	27						
23	→	30	27	29	30	32	33	30	27	30	33	8	25,1	0,90	1,00	1,30	29,4
		24	-	22	24	27	28	24	-	24	28						
24	→	32	27	30	29	30	29	31	32	29	30	10	23,6	0,90	1,00	1,30	27,6
		27	19	24	22	24	22	25	27	22	24						
25	→	30	33	30	27	28	30	31	29	30	30	10	23,5	0,90	1,00	1,30	27,5
		24	28	24	19	21	24	25	22	24	24						

Tabulka 13: Výsledky všech odrazů tvrdoměru na spodní stavbě

26	→	30	29	32	30	31	29	32	30	30	32	10	24,6	0,90	1,00	1,30	28,8
		24	22	27	24	25	22	27	24	24	27						
27	→	30	27	29	31	29	27	32	30	31	30	10	23,1	0,90	1,00	1,30	27,0
		24	19	22	25	22	19	27	24	25	24						
28	→	30	30	29	30	31	27	32	32	30	32	9	24,9	0,90	1,00	1,30	29,1
		24	24	22	24	25	-	27	27	24	27						
29	→	27	31	33	35	32	32	34	30	29	29	8	25,6	0,90	1,00	1,30	30,0
		-	25	28	-	27	27	30	24	22	22						
30	→	30	32	33	32	35	30	27	34	30	29	8	25,8	0,90	1,00	1,30	30,1
		24	27	28	27	-	24	-	30	24	22						
31	→	27	30	31	27	28	30	32	30	29	31	10	23,0	0,90	1,00	1,30	26,9
		19	24	25	19	21	24	27	24	22	25						
32	→	31	33	30	29	34	35	32	29	30	29	9	24,9	0,90	1,00	1,30	29,1
		25	28	24	22	30	-	27	22	24	22						
33	→	30	31	27	32	34	30	30	29	31	29	8	24,1	0,90	1,00	1,30	28,2
		24	25	-	27	-	24	24	22	25	22						
34	→	33	35	30	30	31	29	31	33	36	30	8	25,0	0,90	1,00	1,30	29,3
		28	-	24	24	25	22	25	28	-	24						
35	→	29	28	32	30	31	34	29	32	30	29	9	23,8	0,90	1,00	1,30	27,8
		22	21	27	24	25	-	22	27	24	22						
36	→	32	30	32	33	27	30	34	30	32	29	9	25,9	0,90	1,00	1,30	30,3
		27	24	27	28	-	24	30	24	27	22						
37	→	30	28	28	30	31	35	33	34	33	30	9	25,0	0,90	1,00	1,30	29,3
		24	21	21	24	25	-	28	30	28	24						
38	→	30	32	35	37	33	32	30	33	29	30	9	26,2	0,90	1,00	1,30	30,7
		24	27	32	-	28	27	24	28	22	24						
39	→	30	32	31	34	29	32	35	30	33	34	10	26,9	0,90	1,00	1,30	31,5
		24	27	25	30	22	27	32	24	28	30						
40	→	30	27	30	27	29	30	32	32	30	28	10	23,1	0,90	1,00	1,30	27,0
		24	19	24	19	22	24	27	27	24	21						
41	→	32	26	31	30	29	30	32	30	31	29	9	24,4	0,90	1,00	1,30	28,6
		27	-	25	24	22	24	27	24	25	22						
42	→	30	32	30	33	32	29	30	28	32	33	10	25,2	0,90	1,00	1,30	29,5
		24	27	24	28	27	22	24	21	27	28						

#### 4.4.5. Stanovené parametry betonu

Tabulka 14: Legenda označení uváděných veličin a jejich jednotky

Veličina	Ozn.	Jednotka
Průměr tělesa	d	[mm]
Délka tělesa	L	[mm]
Hmotnost vzorku	m	[g]
Objemová hmotnost vzorku	D	[kg/m <sup>3</sup> ]
Síla při porušení vzorku	F	[kN]
Pevnost vzorku	f <sub>c</sub>	[MPa]
Štíhlost vzorku	i	[ - ]
Opravný součinitel	k <sub>c,cy</sub>	[ - ]
Převodní součinitel	k <sub>c,cu</sub>	[ - ]
Válcová Pevnost	f <sub>c,cyl</sub>	[MPa]
Převodní součinitel	k <sub>cy,cu</sub>	[ - ]
Krychelná pevnost	f <sub>c,cube</sub>	[MPa]
Počet platných vzorků	n	[ks]
Střední hodnota pevnosti	m <sub>x</sub>	[MPa]
Výběrová směrodatná odchylka	s <sub>x</sub>	[MPa]
Variační součinitel	V <sub>x</sub>	[%]
Maximální variační součinitel	V <sub>max</sub>	[%]

Tabulka 15: Stanovené veličiny na zkušebních tělesech ZOP1 na opěře OP1

ZOP1	d	L	m	D	F	f <sub>c</sub>	i	k <sub>c,cy</sub>	k <sub>c,cu</sub>	f <sub>c,cyl</sub>	k <sub>cy,cu</sub>	f <sub>c,cube</sub>
1	99,3	102,7	1,785	2244	120	15,5	1,034	0,862	0,949	12,7	1,252	15,9
2	99,3	102,9	1,798	2256	198	25,6	1,036	0,862	0,949	20,9	1,249	26,1
3	99,3	103,6	1,805	2250	166	21,4	1,043	0,864	0,949	17,6	1,251	22,0

Tabulka 16: Statistické vyhodnocení stanovených veličin na zkušebních tělesech ZOP1

n	D	m <sub>x</sub>	s <sub>x</sub>	V <sub>x</sub>	V <sub>max</sub>	Stejnorodost betonu
3	2250	21,3	5,13	24,08	16,00	nestejněměrný

Tabulka 17: Stanovené veličiny na zkušebních tělesech ZÚP1 na opěře OP1

ZÚP1	d	L	m	D	F	f <sub>c</sub>	i	k <sub>c,cy</sub>	k <sub>c,cu</sub>	f <sub>c,cyl</sub>	k <sub>cy,cu</sub>	f <sub>c,cube</sub>
1	99,4	102,3	1,821	2294	282	36,3	1,029	0,860	0,949	29,6	1,246	36,9
2	99,3	102,7	1,816	2283	180	23,2	1,034	0,862	0,949	19,0	1,251	23,8
3	99,3	102,6	1,805	2272	224	28,9	1,033	0,861	0,949	23,6	1,249	29,5

Tabulka 18: Statistické vyhodnocení stanovených veličin na zkušebních tělesech ZÚP1

n	D	m <sub>x</sub>	s <sub>x</sub>	V <sub>x</sub>	V <sub>max</sub>	Stejnorodost betonu
3	2280	30,1	6,57	21,83	16,00	nestejněměrný

Tabulka 19: Stanovené veličiny na zkušebních tělesech ZLK1 na opěře OP1

ZLK1	d	L	m	D	F	f <sub>c</sub>	i	k <sub>c,cy</sub>	k <sub>c,cu</sub>	f <sub>c,cyl</sub>	k <sub>cy,cu</sub>	f <sub>c,cube</sub>
1	99,3	102,7	1,805	2269	263	34,0	1,034	0,862	0,949	27,8	1,246	34,6
2	99,4	102,8	1,834	2299	247	31,8	1,034	8,862	0,949	26,0	1,246	32,4
3	99,2	102,8	1,834	2308	272	35,2	1,036	0,862	0,949	28,8	1,246	35,9

Tabulka 20: Statistické vyhodnocení stanovených veličin na zkušebních tělesech ZLK1

n	D	$m_x$	$s_x$	$V_x$	$V_{max}$	Stejnorodost betonu
3	2290	34,3	1,77	5,16	16,00	stejnomořný

Tabulka 21: Stanovené veličiny na zkušebních tělesech ZOP2 na opěře OP2

ZOP2	d	L	m	D	F	$f_c$	i	$k_{c,cy}$	$k_{c,cu}$	$f_{c,cyl}$	$k_{cy,cu}$	$f_{c,cube}$
1	99,3	102,8	1,805	2267	257	33,2	1,035	0,862	0,949	27,2	1,246	33,9
2	99,3	102,5	1,809	2279	251	32,4	1,032	0,861	0,949	26,5	1,246	33,0
3	99,3	102,7	1,790	2251	221	28,5	1,034	0,862	0,949	23,3	1,249	29,1

Tabulka 22: Statistické vyhodnocení stanovených veličin na zkušebních tělesech ZOP2

n	D	$m_x$	$s_x$	$V_x$	$V_{max}$	Stejnorodost betonu
3	2270	32,0	2,55	7,97	16,00	stejnomořný

Tabulka 23: Stanovené veličiny na zkušebních tělesech ZÚP2 na opěře OP2

ZÚP2	d	L	m	D	F	$f_c$	i	$k_{c,cy}$	$k_{c,cu}$	$f_{c,cyl}$	$k_{cy,cu}$	$f_{c,cube}$
1	99,3	102,7	1,867	2347	309	39,9	1,034	0,862	0,949	32,7	1,242	40,6
2	99,4	102,2	1,872	2360	362	46,6	1,028	0,860	0,949	38,1	1,236	47,1
3	99,3	102,1	1,862	2355	339	43,8	1,028	0,860	0,949	35,8	1,236	44,2

Tabulka 24: Statistické vyhodnocení stanovených veličin na zkušebních tělesech ZÚP2

n	D	$m_x$	$s_x$	$V_x$	$V_{max}$	Stejnorodost betonu
3	2350	44,0	3,26	7,41	14,00	stejnomořný

Tabulka 25: Stanovené veličiny na zkušebních tělesech ZLK2 na opěře OP2

ZLK2	d	L	m	D	F	$f_c$	i	$k_{c,cy}$	$k_{c,cu}$	$f_{c,cyl}$	$k_{cy,cu}$	$f_{c,cube}$
1	99,3	103,0	1,911	2396	295	38,1	1,037	0,862	0,949	31,2	1,242	38,8
2	99,5	102,5	1,882	2361	388	49,9	1,030	0,860	0,950	40,7	1,230	50,1
3	99,3	102,4	1,858	2343	309	39,9	1,031	0,861	0,949	32,6	1,242	40,5

Tabulka 26: Statistické vyhodnocení stanovených veličin na zkušebních tělesech ZLK2

n	D	$m_x$	$s_x$	$V_x$	$V_{max}$	Stejnorodost betonu
3	2370	43,1	6,09	14,13	16,00	stejnomořný

Pro 3 platné vzorky všech jednotlivých částí spodní stavby se součinitelem odhadu 5% kvantilu  $k_{n,x} = 3,37$  byla dle platné normy ČSN EN 13791 o posuzování pevnosti betonu v tlaku v konstrukcích určena charakteristická pevnost betonu v tlaku pro:

- dříky opěr OP1  $f_{ck,cube} = 4,0$  MPa, OP2  $f_{ck,cube} = 22,6$  MPa,
- úložné práhy opěr OP1  $f_{ck,cube} = 8,0$  MPa, OP2  $f_{ck,cube} = 33,0$  MPa,
- levé křídla opěr OP1  $f_{ck,cube} = 28,3$  MPa, OP2  $f_{ck,cube} = 22,6$  MPa.

Použitý beton spodní stavby mostu byl zařazen dle ČSN EN 206 + A1 do pevnostní kategorie **C16/20**.

## 4.5. Vyhodnocení a interpretace zkoušek na nosné konstrukci

### 4.5.1. Jádrové vývrty

Tabulka 27: Jádrový vývrt VNK1

JÁDROVÝ VÝVRT VNK1	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Konstrukce:	Stěna nosníku č.1 na bližší straně opěry OP1
Průměr vývrtu:	65 mm
Výškové umístění vrtu:	370 mm od spodní hrany prefabrikovaného nosníku
Poloha vrtu:	990 mm od čela prefabrikovaného nosníku
Délka vývrtu:	98 mm
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Frakce kameniva:	Hrubá, max. 16 (22) mm
Hloubka karbonatce:	5 – 8 mm
Míra zhutnění:	Dobrá
Struktura:	Bez dutin a kaveren, s ojedinělým výskytem póru do velikosti 2 mm, celkový stav dobrý
Zkušební tělesa:	Označení ZNK1



Foto č.1.9:  
Celkový pohled na sondu



Foto č.1.10:  
Hloubka provedení sondy



Foto č.1.11:  
Délka odebraného vzorku vývrtu



Foto č.1.12:  
Hloubka karbonatce betonu



Tabulka 28: Jádrový vývrt VNK2

JÁDROVÝ VÝVRT VNK2	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Konstrukce:	Dolní líc nosníku č.12 na bližší straně opěry OP1
Průměr vývrtu:	65 mm
Poloha vrtu:	1600 mm od čela opěry OP1 450 mm od boční hrany prefabrikovaného nosníku
Délka vývrtu:	115 mm
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Frakce kameniva:	Hrubá, max. 16 (22) mm
Hloubka karbonatace:	8 – 10 mm
Míra zhutnění:	Dobrá
Struktura:	Bez dutin a kaveren, s ojedinělým výskytem póru do velikosti 2 mm, celkový stav dobrý
Zkušební tělesa:	Označení ZNK2



Foto č.1.13:  
Celkový pohled na sondu



Foto č.1.14:  
Hloubka provedení sondy



Foto č.1.15:  
Délka odebraného vzorku vývrtu

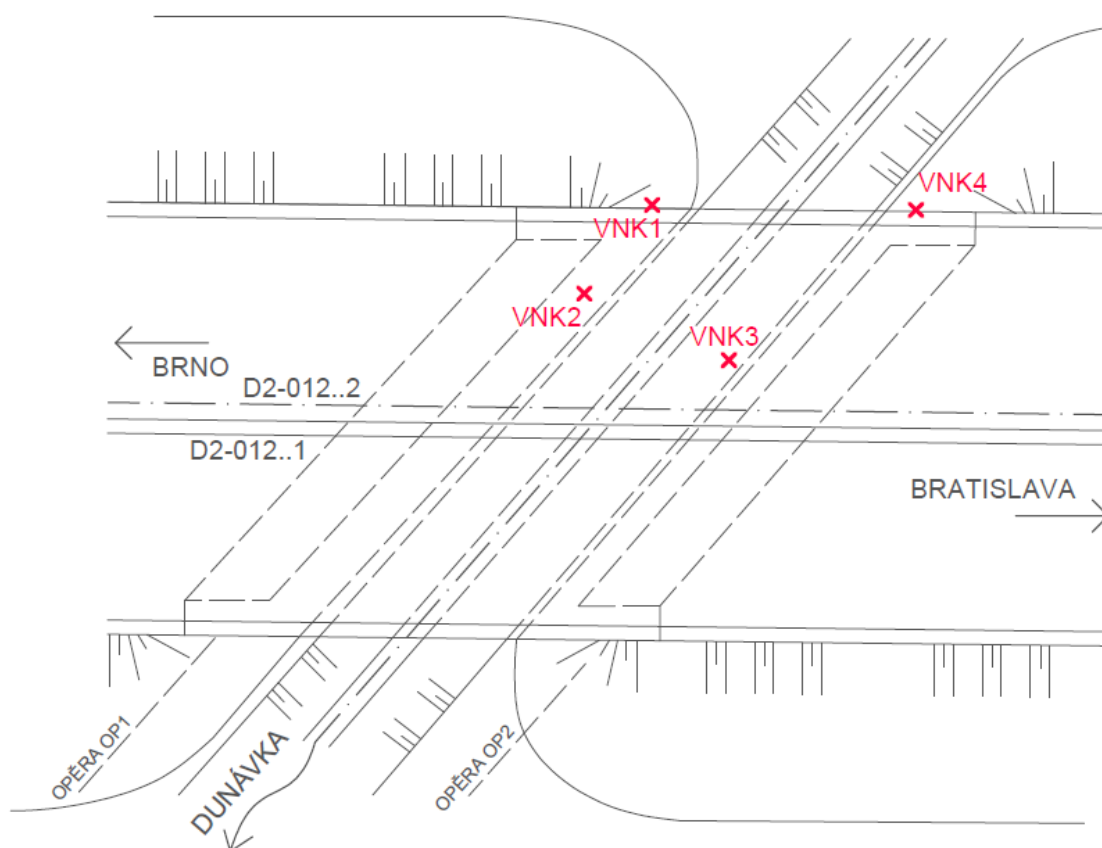


Foto č.1.16:  
Hloubka karbonatace betonu



Tabulka 29: Parametry ostatních jádrových vývrtů na nosné konstrukci

JÁDROVÝ VÝVRT VNK3	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Konstrukce:	Dolní líc nosníku č.5 na bližší straně opěry OP2
Průměr vývrtu:	65 mm
Poloha vrtu:	1600 mm od čela opěry OP2 450 mm od boční hrany prefabrikovaného nosníku
Délka vývrtu:	165 mm
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Frakce kameniva:	Hrubá, max. 16 (22) mm
Hloubka karbonatace:	8 – 10 mm
Míra zhutnění:	Dobrá
Struktura:	Bez dutin a kaveren, s ojedinělým výskytem póru do velikosti 2 mm, celkový stav dobrý
Zkušební tělesa:	Označení ZNK3, ZNK4
JÁDROVÝ VÝVRT VNK4	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Konstrukce:	Stěna nosníku č.13 na bližší straně opěry OP2
Průměr vývrtu:	65 mm
Výškové umístění vrtu:	350 mm od spodní hrany prefabrikovaného nosníku
Poloha vrtu:	640 mm od čela prefabrikovaného nosníku
Délka vývrtu:	400 mm
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Frakce kameniva:	Hrubá, max. 22 mm
Hloubka karbonatace:	5 – 8 mm
Míra zhutnění:	Dobrá
Struktura:	Bez dutin a kaveren, s ojedinělým výskytem póru do velikosti 3 mm, celkový stav dobrý
Zkušební tělesa:	Označení ZNK5, ZNK6



✕ VNK1~4 - OZNAČENÍ JÁDROVÝCH VÝVRTŮ NA NOSNÉ KONSTRUKCI

Obr. 4-13 Zakreslení poloh prováděných jádrových vývrtů na nosné konstrukci

### 4.5.2. Betonářská výztuž

Tabulka 30: Sekaná sonda S7

SEKANÁ SONDA S7	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Konstrukce:	Spodní líc nosníku č.5
Účel sondy:	Ověření stavu betonářské výztuže
Poloha sondy:	400 mm od čela opěry OP1
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Průměr výztuže:	8 mm
Typ výztuže:	V – 10 425 - třmínek
Krytí výztuže:	20 mm
Koroze:	Povrchová – velmi mírná
Karbonatce betonu:	1 – 3 mm



Foto č.2.9:  
Celkový pohled na sondu



Foto č.2.10:  
Pohled na stav betonářské výztuže



Foto č.2.11:  
Hloubka krytí betonářské výztuže



Foto č.2.12:  
Hloubka karbonatce betonu

Tabulka 31: Sekaná sonda S8

SEKANÁ SONDA S8	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Konstrukce:	Spodní líc nosníku č.8
Účel sondy:	Ověření stavu betonářské výztuže
Poloha sondy:	400 mm od čela opěry OP1
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Průměr výztuže:	8 mm
Typ výztuže:	V – 10 425 - třmínek
Krytí výztuže:	15 mm
Koroze:	Povrchová – velmi mírná
Karbonatace betonu:	1 – 3 mm



Foto č.2.13:  
Celkový pohled na sondu



Foto č.2.14:  
Pohled na stav betonářské výztuže



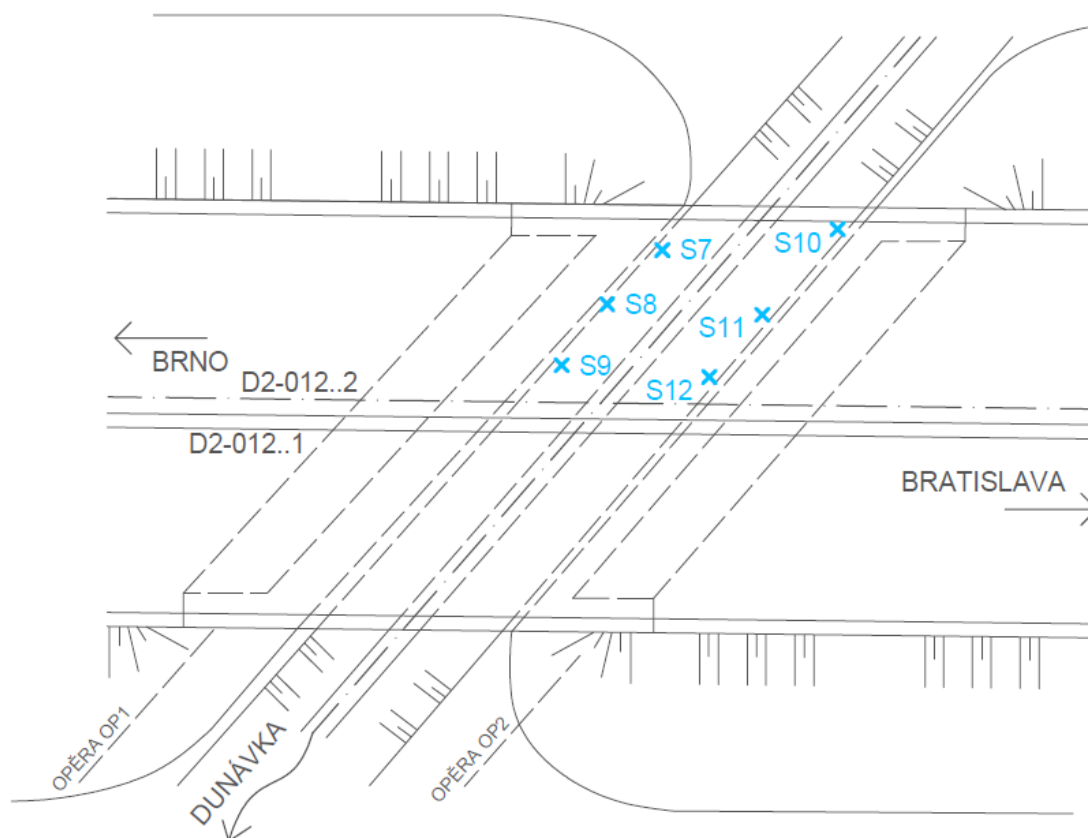
Foto č.2.15:  
Hloubka krytí betonářské výztuže



Foto č.2.16:  
Hloubka karbonatace betonu

Tabulka 32: Ostatní sekané sondy na nosné konstrukci

SEKANÁ SONDA S9	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Konstrukce:	Spodní líc nosníku č.10
Účel sondy:	Ověření stavu betonářské výztuže
Poloha sondy:	460 mm od čela opěry OP1
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Průměr výztuže:	8 mm
Typ výztuže:	V – 10 425 - třmínek
Krytí výztuže:	20 mm
Koroze:	Povrchová – velmi mírná
Karbonatace betonu:	3 – 5 mm
SEKANÁ SONDA S10	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Konstrukce:	Spodní líc nosníku č.2
Účel sondy:	Ověření stavu betonářské výztuže
Poloha sondy:	600 mm od čela opěry OP2
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Průměr výztuže:	8 mm
Typ výztuže:	V – 10 425 - třmínek
Krytí výztuže:	20 mm
Koroze:	Povrchová – velmi mírná
Karbonatace betonu:	2 – 3 mm
SEKANÁ SONDA S11	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Konstrukce:	Spodní líc nosníku č.7
Účel sondy:	Ověření stavu betonářské výztuže
Poloha sondy:	1 300 mm od čela opěry OP2
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Průměr výztuže:	8 mm
Typ výztuže:	V – 10 425 - třmínek
Krytí výztuže:	8 mm
Koroze:	Povrchová
Karbonatace betonu:	3 – 5 mm
SEKANÁ SONDA S12	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Konstrukce:	Spodní líc nosníku č.11
Účel sondy:	Ověření stavu betonářské výztuže
Poloha sondy:	1 000 mm od čela opěry OP2
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Průměr výztuže:	8 mm
Typ výztuže:	V – 10 425 - třmínek
Krytí výztuže:	10 mm
Koroze:	Povrchová – velmi mírná
Karbonatace betonu:	3 – 5 mm



× S7~12 - OZNAČENÍ SEKANÝCH SOND K BETONÁŘSKÉ VÝZTUŽI

Obr. 4-14 Zakreslení poloh prováděných sekaných sond na nosné konstrukci

## 4.5.3. Povrchová přídržnost betonu

Tabulka 33: Odtrhová zkouška ONK1

ODTRHOVÁ ZKOUŠKA ONK1	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Průměr zkušebního terče:	D = 50 mm
Poloha odtrhové zkoušky:	Nosník č.3 u opěry OP1
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Naměřená zatěžovací síla:	F = [6,81; 7,85; 7,83] kN
Povrchová přídržnost betonu:	$\sigma$ = [3,47; 4,00; 3,99] MPa
Výsledná povrchová přídržnost:	$\sigma_p$ = 3,82 MPa
Způsob poruchy při dosažení maximální zatěžovací síly:	Porucha v podkladu u všech tří terčů



Foto č.3.5:

Pohled na osazené zkušební terče

Tabulka 34: Odtrhová zkouška ONK2

ODTRHOVÁ ZKOUŠKA ONK2	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Průměr zkušebního terče:	D = 50 mm
Poloha odtrhové zkoušky:	Nosník č.8 u opěry OP1
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Naměřená zatěžovací síla:	F = [6,75; 6,69; 7,31] kN
Povrchová přídržnost betonu:	$\sigma$ = [3,44; 3,41; 3,72] MPa
Výsledná povrchová přídržnost:	$\sigma_p$ = 3,52 MPa
Způsob poruchy při dosažení maximální zatěžovací síly:	Porucha v podkladu u všech tří terčů



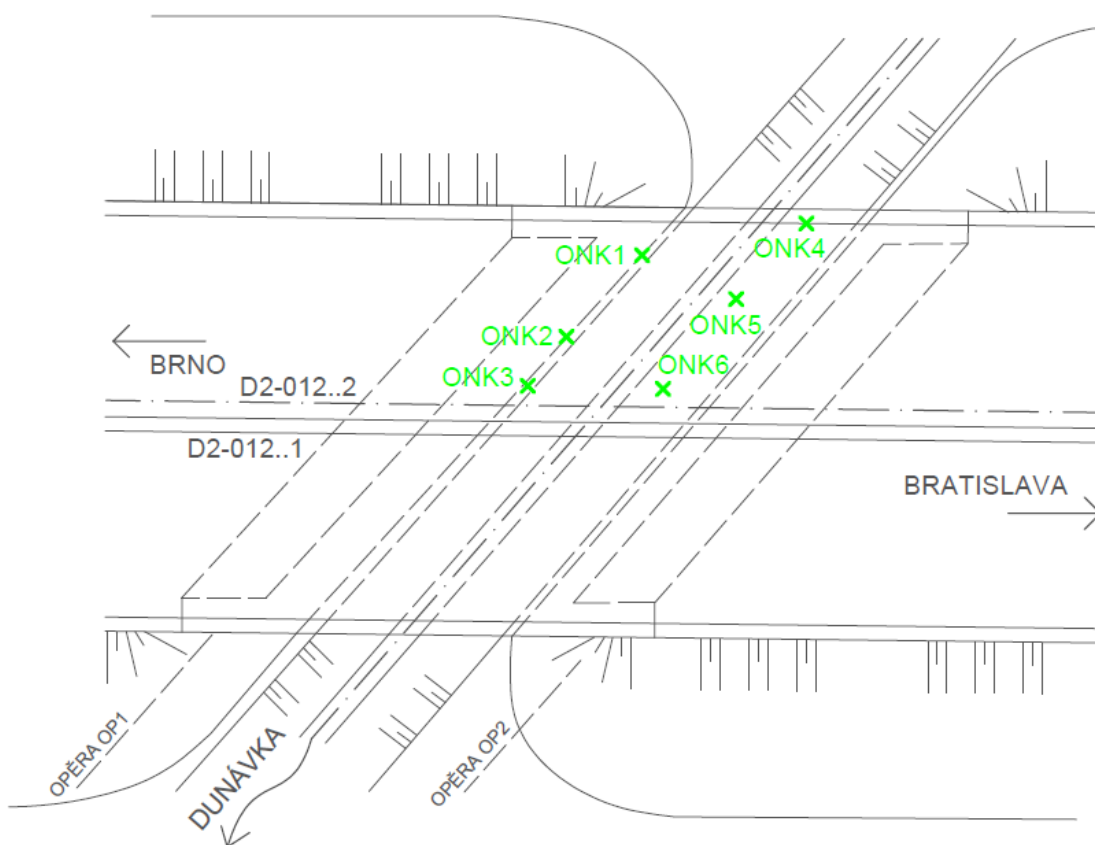
Foto č.3.6:

Pohled na osazené zkušební terče



Tabulka 35: Ostatní odtrhové zkoušky na nosné konstrukci

ODTRHOVÁ ZKOUŠKA ONK3	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Průměr zkušebního terče:	D = 50 mm
Poloha odtrhové zkoušky:	Nosník č.13 u opěry OP1
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Naměřená zatěžovací síla:	F = [6,64; 5,54; 5,70] kN
Povrchová přídržnost betonu:	$\sigma$ = [3,38; 2,82; 2,90] MPa
Výsledná povrchová přídržnost:	$\sigma_p$ = 3,04 MPa
Způsob poruchy při dosažení maximální zatěžovací síly:	Porucha v podkladu u všech tří terčů
ODTRHOVÁ ZKOUŠKA ONK4	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Průměr zkušebního terče:	D = 50 mm
Poloha odtrhové zkoušky:	Nosník č.1 u opěry OP2
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Naměřená zatěžovací síla:	F = [6,43; 6,68; 7,83] kN
Povrchová přídržnost betonu:	$\sigma$ = [3,27; 3,40; 3,99] MPa
Výsledná povrchová přídržnost:	$\sigma_p$ = 3,55 MPa
Způsob poruchy při dosažení maximální zatěžovací síly:	Porucha v podkladu u všech tří terčů
ODTRHOVÁ ZKOUŠKA ONK5	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Průměr zkušebního terče:	D = 50 mm
Poloha odtrhové zkoušky:	Nosník č.6 u opěry OP2
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Naměřená zatěžovací síla:	F = [5,01; 5,33; 6,07] kN
Povrchová přídržnost betonu:	$\sigma$ = [2,55; 2,71; 3,09] MPa
Výsledná povrchová přídržnost:	$\sigma_p$ = 2,79 MPa
Způsob poruchy při dosažení maximální zatěžovací síly:	Porucha v podkladu u všech tří terčů
ODTRHOVÁ ZKOUŠKA ONK6	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Průměr zkušebního terče:	D = 50 mm
Poloha odtrhové zkoušky:	Nosník č.13 u opěry OP2
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Naměřená zatěžovací síla:	F = [6,89; 6,25; 6,96] kN
Povrchová přídržnost betonu:	$\sigma$ = [3,51; 3,18; 3,54] MPa
Výsledná povrchová přídržnost:	$\sigma_p$ = 3,41 MPa
Způsob poruchy při dosažení maximální zatěžovací síly:	Porucha v podkladu u všech tří terčů



✕ ONK1~6 - OZNAČENÍ ODRHOVÝCH ZKOUŠEK

Obr. 4-15 Zakreslení poloh prováděných odtrhových zkoušek na nosné konstrukci

Tabulka X: Výsledky všech odtrhových zkoušek na nosné konstrukci

	ONK1	ONK2	ONK3	ONK4	ONK5	ONK6
$\sigma_1$ [Mpa]	3,37	3,44	3,38	3,27	2,55	3,51
$\sigma_2$ [Mpa]	4,00	3,41	2,82	3,40	2,71	3,18
$\sigma_3$ [Mpa]	3,99	3,72	2,90	3,99	3,09	3,54
$\sigma_p$ [Mpa]	3,82	3,52	3,04	3,55	2,79	3,41
$\sigma_{celk}$ [Mpa]	3,35					

#### 4.5.4. Kabelové kanálky a předpínací výztuž

Tabulka 36: Sekaná sonda S13

SEKANÁ SONDA S13	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Konstrukce:	Boční líc nosníku č.1
Účel sondy:	Ověření stavu předpjeté výztuže a kabelových kanálků
Výškové umístění:	110 mm od spodní hrany prefabrikovaného nosníku
Poloha sondy:	1 650 mm od čela prefabrikovaného nosníku
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Označení výztuže:	Přímý kabel č.4
Stav výztuže:	Bez viditelných známek oslabení průřezu jednotlivých drátů
Krytí výztuže:	55 mm
Kabelový kanálek:	Zainjektovaný po celé průřezové ploše
Chránička:	Není
Koroze:	Není
Karbonatace betonu:	1 - 2 mm



Foto č.4.1:  
Celkový pohled na sondu



Foto č.4.2:  
Hloubka krycí vrstvy betonu



Foto č.4.3:  
Pohled na stav předpínacích drátů



Foto č.4.4:  
Pohled na zainjektovanost kabelového kanálku

Tabulka 37: Sekaná sonda S14

SEKANÁ SONDA S14	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Konstrukce:	Spodní líc nosníku č.1
Účel sondy:	Ověření stavu předpjaté výztuže a kabelových kanálků
Poloha sondy:	1 000 mm od čela opěry OP1 405 mm od levé hrany prefabrikovaného nosníku č.1
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Označení výztuže:	Přímý kabel č.7
Stav výztuže:	Bez viditelných známek oslabení průřezu jednotlivých drátů
Krytí výztuže:	35 mm
Kabelový kanálek:	Zainjektovanost 90 – 100 % průřezové plochy
Chránička:	Není
Koroze:	Povrchová
Karbonatace betonu:	3 – 5 mm



Foto č.4.5:  
Celkový pohled na sondu

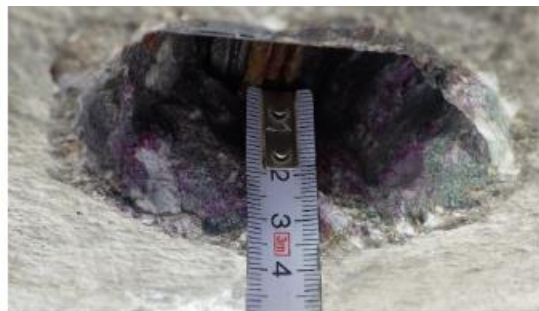


Foto č.4.6:  
Hloubka krycí vrstvy betonu



Foto č.4.7:  
Pohled na stav předpínacích drátů



Foto č.4.8:  
Pohled na zainjektovanost kabelového kanálku

Tabulka 38: Ostatní sekané sondy ke kanálkům a předpínací výztuži

SEKANÁ SONDA S15	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Konstrukce:	Spodní líc nosníku č.3
Účel sondy:	Ověření stavu předpjeté výztuže a kabelových kanálků
Poloha sondy:	1 250 mm od čela opěry OP1 400 mm od levé hrany prefabrikovaného nosníku č.3
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Označení výztuže:	Přímý kabel č.7
Stav výztuže:	Bez viditelných známek oslabení průřezu jednotlivých drátů
Krytí výztuže:	65 mm
Kabelový kanálek:	Zainjektovaný po celé průřezové ploše
Chráníčka:	Není
Koroze:	Povrchová - mírná
Karbonatace betonu:	3 – 4 mm
SEKANÁ SONDA S16	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Konstrukce:	Spodní líc nosníku č.6
Účel sondy:	Ověření stavu předpjeté výztuže a kabelových kanálků
Poloha sondy:	1 050 mm od čela opěry OP1 400 mm od levé hrany prefabrikovaného nosníku
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Označení výztuže:	Přímý kabel č.7
Stav výztuže:	Bez viditelných známek oslabení průřezu jednotlivých drátů
Krytí výztuže:	55 mm
Kabelový kanálek:	Zainjektovaný po celé průřezové ploše
Chráníčka:	Není
Koroze:	Není
Karbonatace betonu:	4 – 6 mm
SEKANÁ SONDA S17	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Konstrukce:	Spodní líc nosníku č.9
Účel sondy:	Ověření stavu předpjeté výztuže a kabelových kanálků
Poloha sondy:	1 450 mm od čela opěry OP1 640 mm od levé hrany prefabrikovaného nosníku
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Označení výztuže:	Přímý kabel č.7
Stav výztuže:	Bez viditelných známek oslabení průřezu jednotlivých drátů
Krytí výztuže:	37 mm
Kabelový kanálek:	Zainjektovanost 80% průřezové plochy
Chráníčka:	Není
Koroze:	Není
Karbonatace betonu:	8 – 10 mm

Tabulka 39: Ostatní sekané sondy ke kanálkům a předpínací výztuži

<b>SEKANÁ SONDA S18</b>	
<b>TECHNICKÉ ÚDAJE</b>	
Konstrukce:	Spodní líc nosníku č.11
Účel sondy:	Ověření stavu předpjaté výztuže a kabelových kanálků
Poloha sondy:	1 100 mm od čela opěry OP1 260 mm od pravé hrany prefabrikovaného nosníku
<b>SLEDOVANÉ ÚDAJE</b>	
Označení výztuže:	Přímý kabel č.5
Stav výztuže:	Bez viditelných známek oslabení průřezu jednotlivých drátů
Krytí výztuže:	50 mm
Kabelový kanálek:	Zainjektovaný po celé průřezové ploše
Chráníčka:	Není
Koroze:	Není
Karbonatace betonu:	5 – 8 mm
<b>SEKANÁ SONDA S19</b>	
<b>TECHNICKÉ ÚDAJE</b>	
Konstrukce:	Spodní líc nosníku č.12
Účel sondy:	Ověření stavu předpjaté výztuže a kabelových kanálků
Poloha sondy:	1 350 mm od čela opěry OP1 170 mm od pravé hrany prefabrikovaného nosníku
<b>SLEDOVANÉ ÚDAJE</b>	
Označení výztuže:	Přímý kabel č.4
Stav výztuže:	Bez viditelných známek oslabení průřezu jednotlivých drátů
Krytí výztuže:	45 mm
Kabelový kanálek:	Zainjektovaný po celé průřezové ploše
Chráníčka:	Není
Koroze:	Povrchová - mírná
Karbonatace betonu:	6 – 10 mm
<b>SEKANÁ SONDA S20</b>	
<b>TECHNICKÉ ÚDAJE</b>	
Konstrukce:	Spodní líc nosníku č.13
Účel sondy:	Ověření stavu předpjaté výztuže a kabelových kanálků
Poloha sondy:	1 200 mm od čela opěry OP1 310 mm od pravé hrany prefabrikovaného nosníku
<b>SLEDOVANÉ ÚDAJE</b>	
Označení výztuže:	Přímý kabel č.6
Stav výztuže:	Bez viditelných známek oslabení průřezu jednotlivých drátů
Krytí výztuže:	40 mm
Kabelový kanálek:	Zainjektovaný po celé průřezové ploše
Chráníčka:	Není
Koroze:	Není
Karbonatace betonu:	4 – 7 mm



Tabulka 40: Ostatní sekané sondy ke kanálkům a předpínací výztuži

SEKANÁ SONDA S21	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Konstrukce:	Boční líc nosníku č.13
Účel sondy:	Ověření stavu předpjeté výztuže a kabelových kanálků
Výškové umístění:	130 mm od spodní hrany prefabrikovaného nosníku
Poloha sondy:	1 050 mm od čela opěry OP1
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Označení výztuže:	Přímý kabel č.4
Stav výztuže:	Bez viditelných známek oslabení průřezu jednotlivých drátů
Krytí výztuže:	50 mm
Kabelový kanálek:	Zainjektovanost 80 – 90% průřezové plochy
Chráníčka:	Není
Koroze:	Není
Karbonatace betonu:	2 – 4 mm
SEKANÁ SONDA S22	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Konstrukce:	Boční líc nosníku č.1
Účel sondy:	Ověření stavu předpjeté výztuže a kabelových kanálků
Výškové umístění:	450 mm od spodní hrany prefabrikovaného nosníku
Poloha sondy:	1 530 mm od čela prefabrikovaného nosníku u opěry OP2
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Označení výztuže:	Přímý kabel č.3
Stav výztuže:	Bez viditelných známek oslabení průřezu jednotlivých drátů
Krytí výztuže:	30 mm – podelná trhlinka v ose vedení kabelu
Kabelový kanálek:	Zainjektovanost 90 - 100 %
Chráníčka:	Není
Koroze:	Povrchová
Karbonatace betonu:	7 – 12 mm
SEKANÁ SONDA S23	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Konstrukce:	Spodní líc nosníku č.1
Účel sondy:	Ověření stavu předpjeté výztuže a kabelových kanálků
Poloha sondy:	1 200 mm od čela opěry OP2 300 mm od levé hrany prefabrikovaného nosníku
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Označení výztuže:	Přímý kabel č.6
Stav výztuže:	Bez viditelných známek oslabení průřezu jednotlivých drátů
Krytí výztuže:	55 mm
Kabelový kanálek:	Zainjektovaný po celé průřezové ploše
Chráníčka:	Není
Koroze:	Není
Karbonatace betonu:	3 – 5 mm

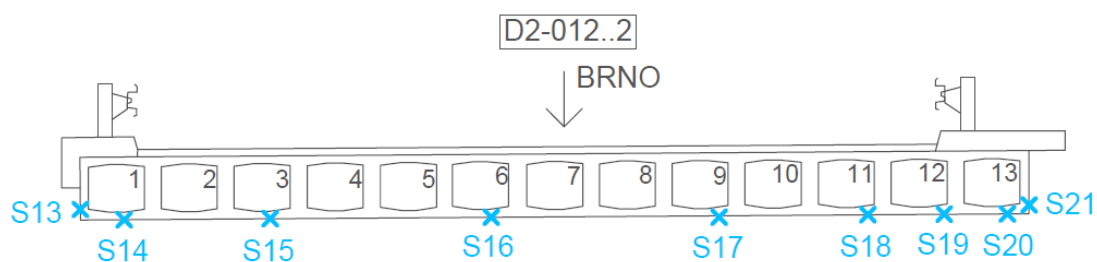


Tabulka 41: Ostatní sekané sondy ke kanálkům a předpínací výztuži

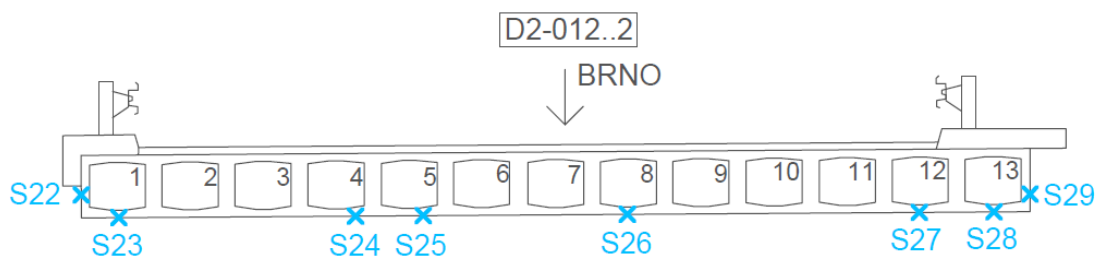
SEKANÁ SONDA S24	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Konstrukce:	Spodní líc nosníku č.4
Účel sondy:	Ověření stavu předpjeté výztuže a kabelových kanálků
Poloha sondy:	700 mm od čela opěry OP2 530 mm od levé hrany prefabrikovaného nosníku
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Označení výztuže:	Přímý kabel č.7
Stav výztuže:	Bez viditelných známek oslabení průřezu jednotlivých drátů
Krytí výztuže:	35 mm
Kabelový kanálek:	Zainjektovaný po celé průřezové ploše
Chráníčka:	Není
Koroze:	Není
Karbonatace betonu:	5 – 8 mm
SEKANÁ SONDA S25	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Konstrukce:	Spodní líc nosníku č.5
Účel sondy:	Ověření stavu předpjeté výztuže a kabelových kanálků
Poloha sondy:	970 mm od čela opěry OP2 370 mm od pravé hrany prefabrikovaného nosníku
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Označení výztuže:	Přímý kabel č.7
Stav výztuže:	Bez viditelných známek oslabení průřezu jednotlivých drátů
Krytí výztuže:	35 mm
Kabelový kanálek:	Zainjektovaný po celé průřezové ploše
Chráníčka:	Není
Koroze:	Není
Karbonatace betonu:	10 – 14 mm
SEKANÁ SONDA S26	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Konstrukce:	Spodní líc nosníku č.8
Účel sondy:	Ověření stavu předpjeté výztuže a kabelových kanálků
Poloha sondy:	1 500 mm od čela opěry OP2 300 mm od levé hrany prefabrikovaného nosníku
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Označení výztuže:	Přímý kabel č.6
Stav výztuže:	Bez viditelných známek oslabení průřezu jednotlivých drátů
Krytí výztuže:	35 mm
Kabelový kanálek:	Zainjektovanost 80 - 90 %
Chráníčka:	Není
Koroze:	Povrchová - mírná
Karbonatace betonu:	1 – 3 mm

Tabulka 42: Ostatní sekané sondy ke kanálkům a předpínací výztuži

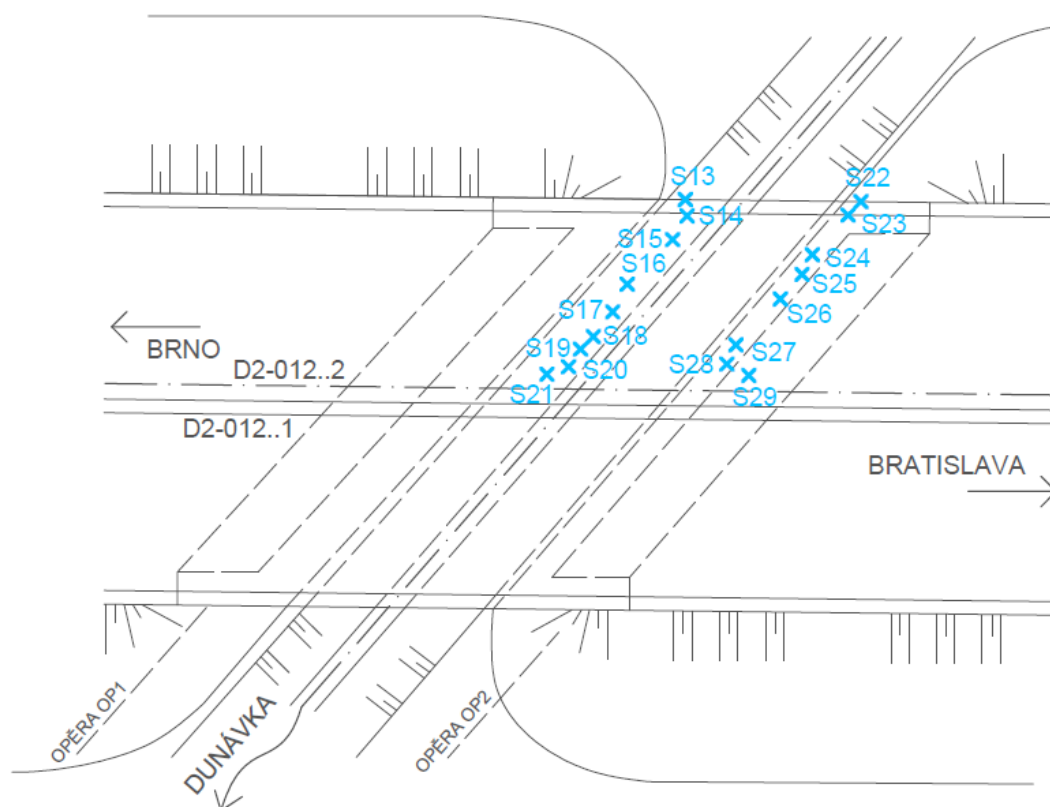
SEKANÁ SONDA S27	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Konstrukce:	Spodní líc nosníku č.12
Účel sondy:	Ověření stavu předpjaté výztuže a kabelových kanálků
Poloha sondy:	1 150 mm od čela opěry OP2 300 mm od pravé hrany prefabrikovaného nosníku
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Označení výztuže:	Přímý kabel č.6
Stav výztuže:	Bez viditelných známek oslabení průřezu jednotlivých drátů
Krytí výztuže:	25 mm
Kabelový kanálek:	Zainjektovaný po celé průřezové ploše
Chráníčka:	Není
Koroze:	Není
Karbonatace betonu:	6 – 8 mm
SEKANÁ SONDA S28	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Konstrukce:	Spodní líc nosníku č.13
Účel sondy:	Ověření stavu předpjaté výztuže a kabelových kanálků
Poloha sondy:	550 mm od čela opěry OP2 400 mm od pravé hrany prefabrikovaného nosníku
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Označení výztuže:	Přímý kabel č.7
Stav výztuže:	Bez viditelných známek oslabení průřezu jednotlivých drátů
Krytí výztuže:	40 mm
Kabelový kanálek:	Zainjektovanost 90 % průřezové plochy
Chráníčka:	Není
Koroze:	Není
Karbonatace betonu:	5 – 8 mm
SEKANÁ SONDA S29	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Konstrukce:	Boční líc nosníku č.13
Účel sondy:	Ověření stavu předpjaté výztuže a kabelových kanálků
Výškové umístění:	280 mm od spodní hrany prefabrikovaného nosníku
Poloha sondy:	1 680 mm od čela opěry OP2
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Označení výztuže:	Přímý kabel č.3
Stav výztuže:	Bez viditelných známek oslabení průřezu jednotlivých drátů
Krytí výztuže:	50 mm
Kabelový kanálek:	Zainjektovaný po celé průřezové ploše
Chráníčka:	Ocelová krepovaná o Ø32 mm
Koroze:	Není
Karbonatace betonu:	3 – 5 mm



Obr. 4-16 Polohy prováděných sekaných sond na příčném řezu u opěry OP1



Obr. 4-17 Polohy prováděných sekaných sond na příčném řezu u opěry OP2



× S13~29 - OZNAČENÍ SEKANÝCH SOND K PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽI

Obr. 4-18 Zakreslení poloh prováděných sekaných sond k předpínací výztuži

### 4.5.5. Kotevní oblasti

Tabulka 43: Sekaná sonda S30

SEKANÁ SONDA S30	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Konstrukce:	Boční líc nosníku č.1
Účel sondy:	Ověření stavu kotevní oblasti
Poloha sondy:	U čela prefabrikovaného nosníku č.1 u opěry OP1 Oblast přímých kabelů č.4 a č.5
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Stav dobetonávky:	V kotevní oblasti je odpadaná
Krytí kotevní oblasti:	20 mm od bočního líce prefabrikovaného nosníku
Kabelový kanálek:	Zainjektovaný skrze otvor v kotevním kuželíku kabelu
Koroze kotevní desky:	Šupinková
Koroze drátů:	Povrchová – mírná



Foto č.5.1:  
Celkový pohled na sondu



Foto č.5.2:  
Detailnější pohled na sondu



Foto č.5.3:  
Pohled na stav spodní kotvy kabelu  
a kotevní desky po odstranění  
dobetonávky



Foto č.5.4:  
Pohled na stav horní kotvy kabelu  
a kotevní desky po odstranění  
dobetonávky

Tabulka 44: Sekaná sonda S31

SEKANÁ SONDA S31	
TECHNICKÉ ÚDAJE	
Konstrukce:	Boční líc nosníku č.1
Účel sondy:	Ověření stavu kotevní oblasti
Poloha sondy:	U čela prefabrikovaného nosníku č.1 u opěry OP2 Oblast přímých kabelů č.4 a č.5
SLEDOVANÉ ÚDAJE	
Stav dobetonávky:	V kotevní oblasti je odpadaná
Krytí kotevní oblasti:	0 – 3 mm od bočního líce prefabrikovaného nosníku
Kabelový kanálek:	Zainjektovaný skrze otvor v kotevním kuželíku kabelu
Koroze kotevní desky:	Šupinková – rozsáhlá
Koroze drátů:	Povrchová – mírná



Foto č.5.5:  
Celkový pohled na sondu



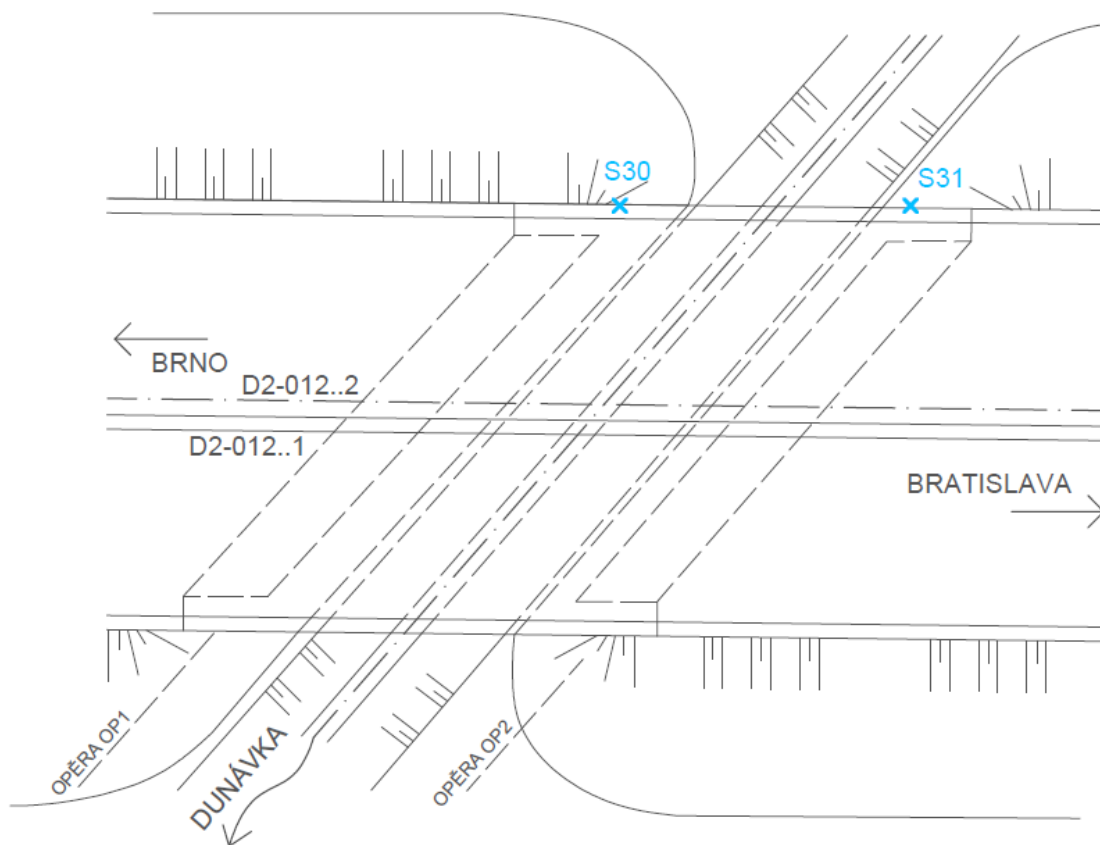
Foto č.5.6:  
Detailnější pohled na sondu



Foto č.5.7:  
Pohled na stav spodní kotvy kabelu  
a kotevní desky po odstranění  
dobetonávky



Foto č.5.8:  
Pohled na stav horní kotvy kabelu  
a kotevní desky po odstranění  
dobetonávky



#### S30~31 - OZNAČENÍ SEKANÝCH SOND KE KOTEVNÍM OBLASTEM

Obr. 4-19 Zakreslení poloh prováděných sekaných sond ke kotevním oblastem

## 4.5.6. Odrazy tvrdoměru

Tabulka 45: Výsledky všech odrazů tvrdoměru na nosné konstrukci

Místo	Směr	Hodnota provedeného odrazu										n <sub>plat</sub>	f <sub>be,i</sub>	α <sub>t</sub>	α <sub>w</sub>	α	f <sub>b,i</sub>
		Pevnost v tlaku příslušného odrazu															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		[MPa]	[-]	[-]	[-]	[MPa]
1	↑	54	52	56	53	54	52	56	52	53	55	10	59,2	0,90	1,00	0,68	36,2
		60	56	63	58	60	56	63	56	58	62						
2	↑	52	58	54	56	54	52	55	54	55	53	10	60,4	0,90	1,00	0,68	37,0
		56	67	60	63	60	56	62	60	62	58						
3	↑	54	55	57	56	52	55	58	57	57	52	10	62,1	0,90	1,00	0,68	38,0
		60	62	65	63	56	62	67	65	65	56						
4	↑	52	54	55	54	50	55	55	52	55	53	10	59,0	0,90	1,00	0,68	36,1
		56	60	62	60	52	62	62	56	62	58						
5	↑	56	56	56	55	56	54	58	55	54	55	10	62,5	0,90	1,00	0,68	38,3
		63	63	63	62	63	60	67	62	60	62						
6	↑	55	55	54	50	53	54	54	54	52	55	10	59,2	0,90	1,00	0,68	36,2
		62	62	60	52	58	60	60	60	56	62						
7	↑	60	58	55	57	59	52	55	56	57	55	10	64,0	0,90	1,00	0,68	39,2
		70	67	62	65	68	56	62	63	65	62						
8	↑	58	54	56	52	51	55	54	52	52	55	10	59,6	0,90	1,00	0,68	36,5
		67	60	63	56	54	62	60	56	56	62						
9	↑	56	52	54	54	54	51	55	52	54	54	10	59,1	0,90	1,00	0,68	36,2
		63	56	60	60	60	54	62	56	60	60						
10	↑	54	56	58	55	57	56	52	55	56	55	10	62,3	0,90	1,00	0,68	38,1
		60	63	67	62	65	63	56	62	63	62						
11	↑	60	56	59	58	55	54	50	55	59	58	10	63,9	0,90	1,00	0,68	39,1
		70	63	68	67	62	60	52	62	68	67						
12	↑	56	58	59	55	56	55	56	54	54	56	10	63,1	0,90	1,00	0,68	38,6
		63	67	68	62	63	62	63	60	60	63						
13	↑	52	58	60	54	54	50	53	54	59	56	10	61,4	0,90	1,00	0,68	37,6
		56	67	70	60	60	52	58	60	68	63						
14	↑	54	50	51	50	55	57	59	52	50	50	10	57,3	0,90	1,00	0,68	35,1
		60	52	54	52	62	65	68	56	52	52						
15	↑	54	52	52	51	56	52	51	55	56	50	10	57,6	0,90	1,00	0,68	35,3
		60	56	56	54	63	56	54	62	63	52						
16	↑	50	50	52	52	54	54	54	51	52	54	10	56,6	0,90	1,00	0,68	34,6
		52	52	56	56	60	60	60	54	56	60						
17	↑	54	58	52	52	58	55	54	52	54	52	10	60,0	0,90	1,00	0,68	36,7
		60	67	56	56	67	62	60	56	60	56						
18	↑	55	52	53	54	59	58	58	56	52	53	10	61,5	0,90	1,00	0,68	37,6
		62	56	58	60	68	67	67	63	56	58						
19	↑	47	49	50	52	59	55	54	60	55	52	10	58,4	0,90	1,00	0,68	35,7
		47	51	52	56	68	62	60	70	62	56						
20	↑	60	58	55	57	60	54	58	56	57	55	10	65,1	0,90	1,00	0,68	39,8
		70	67	62	65	70	60	67	63	65	62						
21	↑	55	50	54	54	51	50	52	54	55	48	10	56,7	0,90	1,00	0,68	34,7
		62	52	60	60	54	52	56	60	62	49						
22	↑	55	50	55	52	52	51	56	50	54	52	10	57,3	0,90	1,00	0,68	35,1
		62	52	62	56	56	54	63	52	60	56						
23	↑	52	51	56	57	52	52	54	53	55	52	10	58,6	0,90	1,00	0,68	35,9
		56	54	63	65	56	56	60	58	62	56						
24	↑	53	52	54	59	50	55	50	54	55	55	10	59,2	0,90	1,00	0,68	36,2
		58	56	60	68	52	62	52	60	62	62						



Tabulka 46: Výsledky všech odrazů tvrdoměru na nosné konstrukci

25	↑	53	52	58	51	51	56	50	52	52	55	10	57,8	0,90	1,00	0,68	35,4
		58	56	67	54	54	63	52	56	56	62						
26	↑	52	54	59	52	52	54	52	55	52	55	10	59,2	0,90	1,00	0,68	36,2
		56	60	68	56	56	60	56	62	56	62						
27	↑	55	52	59	55	52	58	59	52	54	52	10	61,1	0,90	1,00	0,68	37,4
		62	56	68	62	56	67	68	56	60	56						
28	↑	55	57	60	55	54	59	52	53	55	52	10	61,9	0,90	1,00	0,68	37,9
		62	65	70	62	60	68	56	58	62	56						
29	↑	56	48	51	50	52	59	52	52	55	52	10	57,2	0,90	1,00	0,68	35,0
		63	49	54	52	56	68	56	56	62	56						
30	↑	50	52	52	52	57	60	54	52	52	50	9	56,6	0,90	1,00	0,68	34,6
		52	56	56	56	65	-	60	56	56	52						
31	↑	55	57	52	59	48	51	55	50	50	55	10	58,2	0,90	1,00	0,68	35,6
		62	65	56	68	49	54	62	52	52	62						
32	↑	52	59	52	59	52	52	55	52	50	55	10	59,2	0,90	1,00	0,68	36,2
		56	68	56	68	56	56	62	56	52	62						
33	↑	49	51	53	50	57	52	52	49	52	55	10	56,1	0,90	1,00	0,68	34,3
		51	54	58	52	65	56	56	51	56	62						
34	↑	54	52	50	53	59	52	50	57	53	52	10	58,1	0,90	1,00	0,68	35,6
		60	56	52	58	68	56	52	65	58	56						
35	↑	57	55	55	52	51	53	50	52	54	55	10	58,7	0,90	1,00	0,68	35,9
		65	62	62	56	54	58	52	56	60	62						
36	↑	54	55	54	52	52	50	52	54	55	54	10	58,4	0,90	1,00	0,68	35,7
		60	62	60	56	56	52	56	60	62	60						
37	↑	60	50	55	50	55	55	53	55	50	55	10	59,4	0,90	1,00	0,68	36,4
		70	52	62	52	62	62	58	62	52	62						
38	↑	58	52	55	52	55	54	52	55	52	55	10	59,9	0,90	1,00	0,68	36,7
		67	56	62	56	62	60	56	62	56	62						
39	↑	58	57	52	49	50	55	59	52	59	52	10	60,1	0,90	1,00	0,68	36,8
		67	65	56	51	52	62	68	56	68	56						
40	↑	56	52	57	59	55	57	59	52	59	52	10	62,7	0,90	1,00	0,68	38,4
		63	56	65	68	62	65	68	56	68	56						
41	↑	55	50	52	55	49	52	50	54	50	54	10	56,3	0,90	1,00	0,68	34,5
		62	52	56	62	51	56	52	60	52	60						
42	↑	55	56	50	49	52	52	53	55	53	55	10	58,0	0,90	1,00	0,68	35,5
		62	63	52	51	56	56	58	62	58	62						
43	↑	58	51	56	56	58	53	52	55	52	55	10	60,8	0,90	1,00	0,68	37,2
		67	54	63	63	67	58	56	62	56	62						
44	↑	53	53	51	51	52	51	52	52	52	52	10	55,8	0,90	1,00	0,68	34,1
		58	58	54	54	56	54	56	56	56	56						
45	↑	56	56	53	52	50	52	50	50	55	50	10	56,6	0,90	1,00	0,68	34,6
		63	63	58	56	52	56	52	52	62	52						
46	↑	52	53	53	56	50	55	52	53	52	54	10	57,9	0,90	1,00	0,68	35,4
		56	58	58	63	52	62	56	58	56	60						
47	↑	55	55	53	54	56	52	52	52	49	52	10	58,0	0,90	1,00	0,68	35,5
		62	62	58	60	63	56	56	56	51	56						
48	↑	59	62	55	52	54	55	57	53	57	53	10	62,8	0,90	1,00	0,68	38,4
		68	74	62	56	60	62	65	58	65	58						
49	↑	57	56	53	55	54	55	57	53	59	55	10	62,3	0,90	1,00	0,68	38,1
		65	63	58	62	60	62	65	58	68	62						
50	↑	54	55	57	53	56	54	54	57	58	57	10	62,5	0,90	1,00	0,68	38,3
		60	62	65	58	63	60	60	65	67	65						
51	↑	63	62	62	60	53	55	52	56	60	55	10	66,5	0,90	1,00	0,68	40,7
		76	74	74	70	58	62	56	63	70	62						
52	↑	60	53	55	52	56	54	55	57	53	57	10	61,9	0,90	1,00	0,68	37,9
		70	58	62	56	63	60	62	65	58	65						

### 4.5.7. Stanovené parametry betonu

Tabulka 47: Legenda označení uváděných veličin a jejich jednotky

Veličina	Ozn.	Jednotka
Průměr tělesa	d	[mm]
Délka tělesa	L	[mm]
Hmotnost vzorku	m	[g]
Objemová hmotnost vzorku	D	[kg/m <sup>3</sup> ]
Síla při porušení vzorku	F	[kN]
Pevnost vzorku	f <sub>c</sub>	[MPa]
Štíhlost vzorku	i	[ - ]
Opravný součinitel	k <sub>c,cy</sub>	[ - ]
Převodní součinitel	k <sub>c,cu</sub>	[ - ]
Válcová Pevnost	f <sub>c,cyl</sub>	[MPa]
Převodní součinitel	k <sub>cy,cu</sub>	[ - ]
Krychelná pevnost	f <sub>c,cube</sub>	[MPa]
Počet platných vzorků	n	[ks]
Střední hodnota pevnosti	m <sub>x</sub>	[MPa]
Výběrová směrodatná odchylka	s <sub>x</sub>	[MPa]
Variační součinitel	V <sub>x</sub>	[%]
Maximální variační součinitel	V <sub>max</sub>	[%]

Tabulka 48: Stanovené veličiny na zkušebních tělesech ZN odebraných z nosné konstrukce

ZNK	d	L	m	D	F	f <sub>c</sub>	i	k <sub>c,cy</sub>	k <sub>c,cu</sub>	f <sub>c,cyl</sub>	k <sub>cy,cu</sub>	f <sub>c,cube</sub>
1	64,1	63,6	0,478	2329	161	49,9	0,992	0,847	0,920	38,9	1,236	48,1
2	64,1	65,8	0,497	2341	135	41,8	1,027	0,859	0,920	33,0	1,242	41,0
3	64,1	63,9	0,479	2323	123	38,1	0,997	0,849	0,920	29,8	1,246	37,1
4	64,1	66,0	0,497	2333	150	46,5	1,030	0,860	0,920	36,8	1,236	45,5
5	64,1	65,5	0,500	2356	115	35,6	1,022	0,858	0,920	28,1	1,246	35,0
6	64,1	63,8	0,482	2341	124	38,4	0,995	0,848	0,920	30,0	1,246	37,4

Tabulka 49: Statistické vyhodnocení stanovených veličin na zkušebních tělesech ZN

n	D	m <sub>x</sub>	s <sub>x</sub>	V <sub>x</sub>	V <sub>max</sub>	Stejnorodost betonu
6	2340	40,7	5,18	12,73	16,00	stejnomořný

Pro 6 platných vzorků se součinitelem odhadu 5% kvantilu  $k_{n,x} = 2,18$  byla dle platné normy ČSN EN 13791 o posuzování pevnosti betonu v tlaku v konstrukcích určena charakteristická pevnost betonu v tlaku pro nosnou konstrukci  $f_{ck,cube} = 29,4$  MPa.

Použitý beton nosníků KA-67 tak lze zařadit dle ČSN EN 206 + A1 do pevnostní kategorie **C25/30**.

## 5. Závěr

Bakalářská práce je rozdělena do dvou částí, a to teoretické a praktické části. Obě části byly koncipovány tak, aby se svým obsahem doplňovaly a umožnily čtenáři lepší pochopení popisované problematiky.

V teoretické části práce byl přiblížen předpjatý beton z hlediska statického působení, jeho historický původ a postupný vývoj jeho výroby. Stejně tak byl obecně popsán stavebně technický průzkum a následně byly rozebrány nedestruktivní a semidestruktivní metody zkoušení. Jako poslední jsou uvedeny nejčastější vady předpjatých mostních konstrukcí pro lepší pochopení významu diagnostické práce.

V části praktické byl řešen reálný mostní objekt jež převádí dálnici D2 přes řeku Dunávku. Byly obecně popsány jednotlivé části mostu, včetně uvedení doplňkových technických parametrů a následně byly stručně popsány aplikované diagnostické metody zkoušení. Jednotlivé metody pak byly provedeny, interpretovány a vyhodnoceny zvlášť pro nosnou konstrukci a zvlášť pro spodní stavbu mostního objektu. Tyto výsledky mohou dále sloužit ke statickému přepočtu mostního objektu.

Beton spodní stavby byl dle statistického vyhodnocení výsledků odrazů tvrdoměru a laboratorním zkoušením vyvrtaných vzorků v lisu zatříděn dle ČSN EN 206 + A1 do pevnostní kategorie C16/20, přičemž charakteristické pevnosti betonu v tlaku dosahovaly nejnižších hodnot v úložném práhu a dříku opěry OP1, rovněž byla na zkušebních tělesech odebraných z těchto částí opěry zjištěna také nestejnomyernost betonu. Nejvyšší hodnoty byly naopak zjištěny v úložném práhu opěry OP2, kde byla pevnost vyšší oproti úložnému práhu opěry OP1 o více než 400%. Hloubka karbonatace zasahuje v rozmezí od 30 do 70 mm od povrchu betonu. Struktura betonu nasvědčuje dobrému zhutnění a použití hrubé frakce kameniva. Zjištěná povrchová přídržnost betonu spodní stavby dosahuje průměrné hodnoty 1,32 MPa. Výztuž typu V a průměru 12 mm vykazuje místy známky povrchové koroze s průměrným krytím kolem 50 mm. Na spodní stavbě nebyly zjištěny žádné závažné poruchy.

Nosná konstrukce tvořena nosníky KA-67 byla zatříděna o dvě třídy výše, než-li beton spodní stavby, tedy dle ČSN EN 206 + A1 do pevnostní kategorie C25/30 s charakteristickou pevností 29,4 MPa. V betonové směsi bylo rovněž použito hrubé kamenivo a struktura betonu působí celkově dobrým dojmem. Povrchová přídržnost betonu dosahuje průměrné hodnoty 3,35 MPa. Karbonatace betonu se pohybuje v rozmezí 1 až 10 mm. Třmínky typu V o průměru 8 mm vykazují mírnou povrchovou korozi. U předpínací výztuže nebyly nalezeny žádné známky oslabení průřezu jednotlivých drátů, místy pouze povrchová koroze s krytím 35 až 65 mm. Kabelové kanálky jsou zainjektovány převážně po celé průřezové ploše. Kotevní oblasti jsou místy zcela nekryté betonem s rozsáhlou šupinkovou korozi a dobetonávka je v těchto oblastech často odpadaná.

Celkově nebyly na mostním objektu objeveny žádné závažné vady, které by si vyžadovaly okamžitého zásahu nebo omezení, či přerušení provozu mostu.

## 6. Bibliografie

### 6.1. Seznam použité literatury

- [1] NAVRÁTIL, Jaroslav. *Předpjaté betonové konstrukce*. Vyd. 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. ISBN 978-80-7204-561-7.
- [2] STRÁSKÝ, Jiří. *Betonové mosty*. 1. vyd. Praha: ŠEL, 2001. Technická knižnice autorizovaného inženýra a technika. ISBN 80-86426-05-x.
- [3] Katalog Monostrand. *Sanax chemical construction s.r.o.* [online]. , 1-20 [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: [http://www.stado.cz/files/katalogy/Katalog\\_Monostrand.pdf](http://www.stado.cz/files/katalogy/Katalog_Monostrand.pdf)
- [4] *The History of Freyssinet – 75 years of innovation & excellence* [online]. [cit. 2020-03-18]. Dostupné z: <https://freysinet.co.uk/the-history-of-freyssinet/>
- [5] VÍTEK, Jan. *Historie předpjatého betonu*. 1. vydání. Praha: ČKAIT, 2016. Betonové stavitelství. ISBN 978-80-87438-84-8.
- [6] PACHOLÍK, Ladislav. *Předpjatý beton: Určeno pro posl. odb. a vys. šk. a inž. a techn. v praxi*. Praha: Technicko-vědecké vydavatelství, 1951. Knižnice ministerstva stavebního průmyslu.
- [7] *Obecné požadavky na betonové konstrukce* [online]. Evropská 423/178, Praha 6, 160 41: Verlag Dashöfer, nakladatelství, spol. s r. o., 2010 [cit. 2020-03-07]. Dostupné z: <https://www.stavebniklub.cz/33/obecne-pozadavky-na-betonove-konstrukce-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4Ej0AwUzkfyhz9tvuaNeDaJUMO6VftQMfG/>
- [8] Slovník pojmů: Složení betonu - složky betonu. *EBeton.cz* [online]. [cit. 2020-03-18]. Dostupné z: <http://www.ebeton.cz/pojmy/slozeni-betonu-slozky-betonu>
- [9] ČSN EN 206+A1. *Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*. Praha: ÚNMZ, 2018.
- [10] TECHNICKÝ A ZKUŠEBNÍ ÚSTAV STAVEBNÍ PRAHA, S.P. *TECHNICKÝ A ZKUŠEBNÍ ÚSTAV STAVEBNÍ PRAHA, S.P.* [online]. TZÚS Praha, s.p., 2020 [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: <https://www.tzus.cz/sluzby/certifikace-vyrobu>
- [11] Dodatečné předpínání. *VSL SYSTEMS* [online]. [cit. 2020-10-11]. Dostupné z: [www.vsl.cz](http://www.vsl.cz)
- [12] Předpjaté ŽB konstrukce. *Stavební komunita* [online]. [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: <http://stavebnikomunita.cz/profiles/blogs/predpjate-zb-konstrukce>
- [13] SMETÁK, Tomáš. *KONSTRUKCE Media, s.r.o.: Karlín Hall 2 – využití předpjatého betonu v pozemním stavitelství* [online]. Ostrava [cit. 2020-11-30]. Dostupné z: <http://old.konstrukce.cz/clanek/karlin-hall-2-vyuziti-predpjateho-betonu-v-pozemnim-stavitelstvi/>
- [14] ČSN 73 6221. *Prohlídky mostů pozemních komunikací*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.
- [15] *Oprávnění k výkonu prohlídek mostních objektů pozemních komunikací: Metodické pokyny* [online]. Praha: MINISTERSTVO DOPRAVY Odbor pozemních komunikací, 2016 [cit. 2020-11-26].

- [16] *Údržba, opravy a rekonstrukce betonových mostů PK* [online]. In: . Praha: MINISTERSTVO DOPRAVY Odbor silniční infrastruktury, 2010 [cit. 2020-11-26].
- [17] VLČEK, Milan. *Poruchy a rekonstrukce staveb*. 1. vyd. Brno: ERA, 2001. Technická knihovna (ERA). ISBN 80-86517-10-1.
- [18] HOBST, Leonard. *Diagnostika stavebních konstrukcí: přednášky*. 2005. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta stavební, 2005.
- [19] Diagnostika betonových konstrukcí. *Asb-portal.cz* [online]. 2008 [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/zaklady-a-hruba-stavba/cement-a-beton/diagnostika-betonovych-konstrukci>
- [20] *TP 72: Diagnostický průzkum mostů PK* [online]. Praha: Ministerstvo dopravy - Odbor silniční infrastruktury [cit. 2020-11-29]. Dostupné z: [http://www.pjpk.cz/data/USR\\_001\\_2\\_8\\_TP/TP\\_72.pdf](http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_8_TP/TP_72.pdf)
- [21] *TP 201: Měření a dlouhodobé sledování trhlin v betonových konstrukcích* [online]. Praha: Ministerstvo dopravy - Odbor silniční infrastruktury, 2008 [cit. 2020-11-29].
- [22] P., Cikrle, Anton O., Daněk P. a Kucharczykova B. *NDT Zkoušení ve stavebnictví*. Příručka kurzu ČŽV. Brno: VUT v Brně, 2010. ISBN 978-80-214-4198-9.
- [23] SCHMID, Pavel. *Základy zkušebnictví*. Vyd. 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2584-9.
- [24] *Proceq: Schmidt® rebound hammers for concrete strength and rock testing* [online]. [cit. 2020-11-29]. Dostupné z: <https://www.proceq.com/compare/schmidt-hammers/>
- [25] KOPEC, Bernard. *Nedestruktivní zkoušení materiálů a konstrukcí*. Nauka o materiálu IV. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. ISBN 978-80-7204-591-4.
- [26] *Náradí BOSCH: Univerzální detektory* [online]. [cit. 2020-11-29]. Dostupné z: <https://www.naradibosch.com/detektor-bosch-gms-120-professional>
- [27] *HILTI: Skenery struktury betonu: Systém PS 1000 X-SCAN* [online]. [cit. 2020-11-29]. Dostupné z: [https://www.hilti.cz/c/CLS\\_MEA\\_TOOL\\_INSERT\\_7127/CLS\\_CONCRETE\\_SCANNERS\\_7127](https://www.hilti.cz/c/CLS_MEA_TOOL_INSERT_7127/CLS_CONCRETE_SCANNERS_7127)
- [28] *Rozvoj použití georadaru při diagnostice železobetonových konstrukcí* [online]. Praha: BETON - technologie, konstrukce, sanace [cit. 2020-11-29]. Dostupné z: [http://www.betontks.cz/sites/default/files/2011-3-66\\_0.pdf](http://www.betontks.cz/sites/default/files/2011-3-66_0.pdf)
- [29] *Trotec: Přenosné měřicí zařízení* [online]. [cit. 2020-11-30]. Dostupné z: <https://www.trotec24.cz/merici-pristroje/rada-multimeasure/prenosne-merici-zarizeni-rady-basic/vlhkomer-bm31>
- [30] ANTON, Ondřej a Věra HEŘMÁNKOVÁ. *Průkazné stanovení vyztužení železobetonové konstrukce a vhodné NDT metody* [online]. Vysoké učení technické v Brně [cit. 2020-11-30]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/beton-malty-omitky/16245-prukazne-stanoveni-vyztuzeni-zelezobetonove-konstrukce-a-vhodne-ndt-metody>

- [31] SCHMID, Pavel. *Zkušebnictví a technologie: Stavební zkušebnictví - studijní opory*. Modul BI02-M02. Vysoké učení technické v Brně.
- [32] *TME Electronic Components: Dotyková čidla* [online]. [cit. 2020-11-30]. Dostupné z: [https://www.tme.eu/cz/details/ten-tf3\\_120-w/dotyкова-cidla/tenmex](https://www.tme.eu/cz/details/ten-tf3_120-w/dotyкова-cidla/tenmex)
- [33] *Jádrové vrtání* [online]. DHSERVICE [cit. 2020-03-18]. Dostupné z: [http://www.dhservice.cz/jadrove\\_vrtani.html](http://www.dhservice.cz/jadrove_vrtani.html)
- [34] *Vliv koroze předpínací výztuže na její vlastnosti a možnosti sanace takto vyztužených betonových konstrukcí* [online]. ČVUT Praha, Kloknerův ústav [cit. 2020-03-17]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/beton-malty-omitky/19417-vliv-koroze-predpinaci-vyztuze-na-jejivlastnosti-a-moznosti-sanace-takto-vyztuzenych-betonovych-konstrukci>
- [35] *Protokol z prohlídky: Hlavní protokol, Most přes Chomutovku Riegerova, Chomutov* [online]. In: . Řezka Petr, Ing., s. 1-18 [cit. 2020-03-18]. Dostupné z: [https://www.chomutov-mesto.cz/?download=\\_/i.000872/37\\_mostni-prohlidka.pdf](https://www.chomutov-mesto.cz/?download=_/i.000872/37_mostni-prohlidka.pdf)
- [36] DOC. ING. RUDOLF HELA, CSC. *Technologie betonu*. Modul M01. Vysoké učení technické v Brně, 2005.
- [37] CHROMÁ M., ROVNANÍK P., TEPLÝ B. *Karbonatace betonů - modely pro betony ze směsných cementů*. CIDEAS, 2006.
- [38] G. FAGERLUND. *Materials and Structures: The international cooperative test of the critical degree of saturation. Method of assessing the freeze-thaw resistance of concrete*. RILEM Publications SARL, 1977. ISSN 1359-5997.
- [39] MATOUŠEK, Milan. *Atmosférická koroze betonů*. Vyd. 1. Praha: IKAS, 1998. ISBN 80-902558-0-9.
- [40] ING. HUSTÝ, Filip. *Hlavní prohlídka: Dálniční most D2-012..2 přes řeku Dunávku*. 2017. SHP TS s.r.o.
- [41] *Mostní list mostu pozemní komunikace: Dálniční most D2-012..2 přes řeku Dunávku*. In: . ŘSD ČR, PÚ GR ŘSD - Správa dálnice Morava, SSÚD 6 Brno-Chrlice.
- [42] *Google Mapy* [online]. [cit. 2020-11-27]. Dostupné z: <https://www.google.com/maps/>

## 6.2. Seznam uváděných obrázků

Obr. 3-1 Rozložení napětí předpjatého prvku [1].....	5
Obr. 3-2 Statické působení prostého, železového a předpjatého betonu [1].....	6
Obr. 3-3 První předpjatý most Luzancy, Francie [4] .....	7
Obr. 3-4 Eugen Freyssinet [4] .....	7
Obr. 3-5 Složení betonové směsi [8].....	8
Obr. 3-6 Nárůst maximální hodnoty pevnosti betonu v tlaku v čase [7].....	9
Obr. 3-7 Lano systému MonoStrand [3] .....	11
Obr. 3-8 Kotevní hlavice MonoStrand [3].....	11

Obr. 3-9 Schéma vícenásobného předpínacího systému [11].....	11
Obr. 3-10 Schéma vnějšího předpínacího systému [11].....	11
Obr. 3-11 Viditelné předpínací dráty dodatečně předpjatého betonu in-situ [13].....	12
Obr. 3-12 Pohled na trhlinu pod mikroskopem [21] .....	15
Obr. 3-13 Metodický postup určení šířky trhliny při pohledu pod mikroskopem [21] .....	15
Obr. 3-14 Tvrdoměr typu Schmidt N značky Proceq [24] .....	16
Obr. 3-15 Schmidt N: 1-beran, 2-razník, 3-pružina, 4-pouzdro, 5-vlečený ukazatel [22]....	16
Obr. 3-16 Druhy prozvučování ultrazvukovou metodou [22] .....	17
Obr. 3-17 Odrazová metoda za pomoci jedné sondy [18].....	18
Obr. 3-18 Odrazová metoda za pomoci dvou sond [18] .....	18
Obr. 3-19 Měření pomocí sondy s feromagnetickým jádrem [25].....	18
Obr. 3-20 Elektromagnetický indikátor výztuže BOSCH [26].....	18
Obr. 3-21 Georadar HILTI PS 1000 [27] .....	19
Obr. 3-22 Přístroj na bázi kapacitního měření vlhkosti [29].....	20
Obr. 3-23 Příložený tenzometr [31].....	21
Obr. 3-24 Fóliový tenzometr Tenmex [32] .....	21
Obr. 3-25 Schéma přístroje GWT pro stanovení propustnosti vody [18].....	22
Obr. 3-26 Jádrová vrtání [33].....	23
Obr. 3-27 Jádrové vrtání větších Ø [33].....	23
Obr. 3-28 Odtrhová zkouška omítky [18] .....	23
Obr. 3-29 Odtrhová zkouška betonu [18].....	23
Obr. 3-30 Endoskopická fotografie stavu výztuže, Praha – Troja [34] .....	24
Obr. 3-31 Zkorodovaná předp. výztuž, Praha – Troja [34] .....	24
Obr. 3-32 Porušení krycí vrstvy konstrukce podélnou trhlinou, Chomutov [35] .....	24
Obr. 3-33 Nosná konstrukce s odpadající krycí vrstvou betonu, Chomutov [35] .....	24
Obr. 3-34 Vzorek zabarvený roztokem fenofaleinu [19].....	25
Obr. 3-35 Obr. 1-5 Míra a tvar čela karbonátace v závislosti na stáří trhlín [39] .....	25
Obr. 4-1 Polohopis zkoumaného mostního objektu na komunikaci č. D2 [42].....	26
Obr. 4-2 Přiblížený polohopis zkoumaného mostního objektu na komunikaci č. D2 [42] ..	26
Obr. 4-3 Pohled opěru OP2 .....	27
Obr. 4-4 Viditelné zatékání na opěru OP1.....	27
Obr. 4-5 Pohled na nosnou konstrukci .....	28
Obr. 4-6 Krápníky mezi jednotlivými nosníky nosné konstrukce .....	28
Obr. 4-7 Mostní závěr nad opěrou OP1.....	28
Obr. 4-8 Mostní závěr nad opěrou OP2.....	28
Obr. 4-9 Celkový pohled na most z levé strany [40].....	30
Obr. 4-10 Zakreslení poloh prováděných jádrových vývrtů na spodní stavbě .....	36
Obr. 4-11 Zakreslení poloh prováděných sekaných sond na spodní stavbě .....	40
Obr. 4-12 Zakreslení poloh prováděných odtrhových zkoušek na spodní stavbě.....	43



Obr. 4-13 Zakreslení poloh prováděných jádrových vývrtů na nosné konstrukci .....	51
Obr. 4-14 Zakreslení poloh prováděných sekaných sond na nosné konstrukci .....	55
Obr. 4-15 Zakreslení poloh prováděných odtrhových zkoušek na nosné konstrukci.....	58
Obr. 4-16 Polohy prováděných sekaných sond na příčném řezu u opěry OP1 .....	66
Obr. 4-17 Polohy prováděných sekaných sond na příčném řezu u opěry OP2 .....	66
Obr. 4-18 Zakreslení poloh prováděných sekaných sond k předpínací výztuži.....	66
Obr. 4-19 Zakreslení poloh prováděných sekaných sond ke kotevním oblastem.....	69

### 6.3. Seznam fotografií prováděných sond

Foto č.1.1: Celkový pohled na sondu.....	33
Foto č.1.2: Hloubka provedení sondy.....	33
Foto č.1.3: Délka odebraného vzorku vývrtu.....	33
Foto č.1.4: Hloubka karbonatace betonu.....	33
Foto č.1.5: Celkový pohled na sondu.....	34
Foto č.1.6: Hloubka provedení sondy.....	34
Foto č.1.7: Délka odebraného vzorku vývrtu.....	34
Foto č.1.8: Hloubka karbonatace betonu.....	34
Foto č.2.1: Celkový pohled na sondu.....	37
Foto č.2.2: Pohled na stav betonářské výztuže.....	37
Foto č.2.3: Hloubka krytí betonářské výztuže.....	37
Foto č.2.4: Hloubka karbonatace betonu.....	37
Foto č.2.5: Celkový pohled na sondu.....	38
Foto č.2.6: Pohled na stav betonářské výztuže.....	38
Foto č.2.7: Hloubka krytí betonářské výztuže.....	38
Foto č.2.8: Hloubka karbonatace betonu.....	38
Foto č.3.1: Pohled na osazené zkušební terče.....	41
Foto č.3.2: Pohled na zkušební místo po odtrhu terčů.....	41
Foto č.3.3: Pohled na osazené zkušební terče.....	41
Foto č.3.4: Pohled na zkušební místo po odtrhu terčů.....	41
Foto č.1.9: Celkový pohled na sondu.....	48
Foto č.1.10: Hloubka provedení sondy.....	48
Foto č.1.11: Délka odebraného vzorku vývrtu.....	48
Foto č.1.12: Hloubka karbonatace betonu.....	48
Foto č.1.13: Celkový pohled na sondu.....	49
Foto č.1.14: Hloubka provedení sondy.....	49
Foto č.1.15: Délka odebraného vzorku vývrtu.....	49
Foto č.1.16: Hloubka karbonatace betonu.....	49
Foto č.2.9: Celkový pohled na sondu.....	52
Foto č.2.10: Pohled na stav betonářské výztuže.....	52

Foto č.2.11: Hloubka krytí betonářské výztuže.....	52
Foto č.2.12: Hloubka karbonatace betonu.....	52
Foto č.2.13: Celkový pohled na sondu.....	53
Foto č.2.14: Pohled na stav betonářské výztuže.....	53
Foto č.2.15: Hloubka krytí betonářské výztuže.....	53
Foto č.2.16: Hloubka karbonatace betonu.....	53
Foto č.3.5: Pohled na osazené zkušební terče.....	56
Foto č.3.6: Pohled na osazené zkušební terče.....	56
Foto č.4.1: Celkový pohled na sondu.....	59
Foto č.4.2: Hloubka krycí vrstvy betonu.....	59
Foto č.4.3: Pohled na stav předpínacích drátů.....	59
Foto č.4.4: Pohled na zainjektovanost kabelového kanálku.....	59
Foto č.4.5: Celkový pohled na sondu.....	60
Foto č.4.6: Hloubka krycí vrstvy betonu.....	60
Foto č.4.7: Pohled na stav předpínacích drátů.....	60
Foto č.4.8: Pohled na zainjektovanost kabelového kanálku.....	60
Foto č.5.1: Celkový pohled na sondu.....	64
Foto č.5.2: Detailnější pohled na sondu.....	64
Foto č.5.3: Pohled na stav spodní kotvy a kotevní desky po odstranění dobetonávky.....	64
Foto č.5.4: Pohled na stav horní kotvy a kotevní desky po odstranění dobetonávky.....	64
Foto č.5.5: Celkový pohled na sondu.....	68
Foto č.5.6: Detailnější pohled na sondu.....	68
Foto č.5.7: Pohled na stav spodní kotvy a kotevní desky po odstranění dobetonávky.....	68
Foto č.5.8: Pohled na stav horní kotvy a kotevní desky po odstranění dobetonávky.....	68

## 6.4. Seznam tabulek

Tabulka 1: Jádrový vývrt VOP1 .....	33
Tabulka 2: Jádrový vývrt VÚP1 .....	34
Tabulka 3: Parametry ostatních jádrových vývrtů na spodní stavbě .....	35
Tabulka 4: Parametry ostatních jádrových vývrtů na spodní stavbě .....	36
Tabulka 5: Sekaná sonda S1 .....	37
Tabulka 6: Sekaná sonda S2 .....	38
Tabulka 7: Ostatní sekané sondy na spodní stavbě.....	39
Tabulka 8: Odtrhová zkouška OSS1 .....	41
Tabulka 9: Odtrhová zkouška OSS2 .....	41
Tabulka 10: Ostatní odtrhové zkoušky na spodní stavbě.....	42
Tabulka 11: Výsledky všech odtrhových zkoušek na spodní stavbě.....	43
Tabulka 12: Výsledky všech odrazů tvrdoměru na spodní stavbě .....	44
Tabulka 13: Výsledky všech odrazů tvrdoměru na spodní stavbě .....	45

Tabulka 14: Legenda označení uváděných veličin a jejich jednotky .....	46
Tabulka 15: Stanovené veličiny na zkušebních tělesech ZOP1 na opěře OP1 .....	46
Tabulka 16: Statistické vyhodnocení stanovených veličin na zkušebních tělesech ZOP1....	46
Tabulka 17: Stanovené veličiny na zkušebních tělesech ZÚP1 na opěře OP1.....	46
Tabulka 18: Statistické vyhodnocení stanovených veličin na zkušebních tělesech ZÚP1....	46
Tabulka 19: Stanovené veličiny na zkušebních tělesech ZLK1 na opěře OP1 .....	46
Tabulka 20: Statistické vyhodnocení stanovených veličin na zkušebních tělesech ZLK1.....	47
Tabulka 21: Stanovené veličiny na zkušebních tělesech ZOP2 na opěře OP2 .....	47
Tabulka 22: Statistické vyhodnocení stanovených veličin na zkušebních tělesech ZOP2....	47
Tabulka 23: Stanovené veličiny na zkušebních tělesech ZÚP2 na opěře OP2.....	47
Tabulka 24: Statistické vyhodnocení stanovených veličin na zkušebních tělesech ZÚP2....	47
Tabulka 25: Stanovené veličiny na zkušebních tělesech ZLK2 na opěře OP2 .....	47
Tabulka 26: Statistické vyhodnocení stanovených veličin na zkušebních tělesech ZLK2.....	47
Tabulka 27: Jádrový vývrt VNK1 .....	48
Tabulka 28: Jádrový vývrt VNK2 .....	49
Tabulka 29: Parametry ostatních jádrových vývrtů na nosné konstrukci .....	50
Tabulka 30: Sekaná sonda S7 .....	52
Tabulka 31: Sekaná sonda S8 .....	53
Tabulka 32: Ostatní sekané sondy na nosné konstrukci .....	54
Tabulka 33: Odtrhová zkouška ONK1 .....	56
Tabulka 34: Odtrhová zkouška ONK2 .....	56
Tabulka 35: Ostatní odrhové zkoušky na nosné konstrukci .....	57
Tabulka 36: Sekaná sonda S13 .....	59
Tabulka 37: Sekaná sonda S14 .....	60
Tabulka 38: Ostatní sekané sondy ke kanálkům a předpínací výztuži .....	61
Tabulka 39: Ostatní sekané sondy ke kanálkům a předpínací výztuži .....	62
Tabulka 40: Ostatní sekané sondy ke kanálkům a předpínací výztuži .....	63
Tabulka 41: Ostatní sekané sondy ke kanálkům a předpínací výztuži .....	64
Tabulka 42: Ostatní sekané sondy ke kanálkům a předpínací výztuži .....	65
Tabulka 43: Sekaná sonda S30 .....	67
Tabulka 44: Sekaná sonda S31 .....	68
Tabulka 45: Výsledky všech odrazů tvrdoměru na nosné konstrukci .....	70
Tabulka 46: Výsledky všech odrazů tvrdoměru na nosné konstrukci .....	71
Tabulka 47: Legenda označení uváděných veličin a jejich jednotky .....	72
Tabulka 48: Stanovené veličiny na zkušebních tělesech ZN z nosné konstrukce.....	72
Tabulka 49: Statistické vyhodnocení stanovených veličin na zkušebních tělesech ZN .....	72